

UNIVERSIDADE PAULISTA – UNIP

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO (MESTRADO E DOUTORADO) EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

AVALIAÇÃO DE UMA CONSTRUÇÃO UTILIZANDO A CONTABILIDADE AMBIENTAL EM EMERGIA

José Guilherme Azevedo Carvalho

Dissertação apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Engenharia de Produção da
Universidade Paulista, UNIP, para a obtenção do
título de mestre em Engenharia de Produção

São Paulo

2010

UNIVERSIDADE PAULISTA – UNIP

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO (MESTRADO E DOUTORADO) EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

AVALIAÇÃO DE UMA CONSTRUÇÃO UTILIZANDO A CONTABILIDADE AMBIENTAL EM EMERGIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista-UNIP

Orientadora: Profª Dra. Silvia H. Bonilla

Co-orientadora: Profª Dra. Cecília M. V. B. de Almeida

Área de Concentração: Produção e Meio Ambiente

Linha de Pesquisa: Produção Mais Limpa e Ecologia Industrial

José Guilherme Azevedo Carvalho

São Paulo

2010

DEDICATÓRIA

A minha mãe, Marilu, que me deu o incentivo e apoio para que este estudo acontecesse. Pela paciência que teve comigo durante os dias mais difíceis e por ter suportado a distância dos últimos anos.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Prof^a. Dra. Silvia Helena Bonilla, por sua confiança em todos os momentos, liberdade, paciência e incentivo durante o estudo. Conseguiu compatibilizar a minha vida profissional e acadêmica durante todos estes anos, desde a Iniciação Científica até o Mestrado.

Ao Prof^o. Dr. Biagio F. Giannetti por fomentar as análises em aulas e seminários, cobrar a disciplina didática e, principalmente, incentivar as discussões entre todos os alunos. Também por ter propiciado durante a Graduação um mini curso de extensão à pesquisa.

À Prof^a. Dra. Cecília M.V.B. de Almeida, minha co-orientadora, por, principalmente, ter me alertado de alguns pontos importantes durante todo o processo, como a leitura de artigos e a língua inglesa.

Aos membros da banca, Profs. Drs. Biagio F. Giannetti, Carlos C. da Silva e Sebastião A. L. de Andrade, por terem aceitado participar da avaliação deste trabalho e pelas contribuições dadas durante as discussões.

Ao Prof. Pedro A. Frugoli por ter integrado os seus alunos da Graduação ao Grupo de Pesquisa do Lafta. Um pequeno passo que resultou em bons resultados.

Aos companheiros do Programa de Pós Graduação, durante todos estes anos, em especial aos amigos Luiz Ghelmandi, Ana Paula e Geslaine, que auxiliaram em vários momentos do processo.

Aos Engs. Maurício Motta, Takeshi Kano e Walter Farabolini por terem permitido que me ausentasse em determinados momentos do trabalho e realizasse esta pesquisa.

Aos amigos e familiares, por entenderem as minhas ausências e terem me incentivado durante todos os momentos a realização deste Mestrado.

Obrigado!

SUMÁRIO

Lista de figuras	07
Lista de tabelas	09
Resumo	11
Abstract	12
1. Introdução	13
1.1. Contexto da Construção Civil	13
1.2. Panorama da Sustentabilidade na Construção Civil	14
1.3. Objetivo do Trabalho	15
1.4. Estrutura do Documento	17
2. Estado da Arte	18
2.1. Análise de construções utilizando-se da metodologia em emergia	18
2.2. Análise de materiais e construções sob o ponto de vista da Sustentabilidade	23
3. Metodologia	26
3.1. Ferramenta Analítica Empregada – Emergia	26
3.2. Definição das etapas de uma construção	29
3.3. Coleta de Dados	31
3.3.1. Casa Padrão	31
3.3.2. Levantamento da Quantidade de Recursos	40
3.4. Descrição dos resultados do estudo	44
4. Resultados e Discussão	45
4.1. Definição dos materiais utilizados na casa padrão	45
4.2. Contabilidade em emergia da casa padrão	46
4.2.1. Diagrama de energia dos sistemas	47
4.2.2. Tabela de emergia	51
4.3. Contabilidade em emergia para a construção de casas com mudanças em alguns recursos	51

4.3.1. Fechamentos internos e externos – Substituição do tijolo pelas opções: bloco de concreto, bloco de concreto com agregado reciclado, bloco de gesso	51
4.3.2. Esquadrias – Substituição da solução mista de madeira/ferro/vidro pelas opções: madeira/vidro e PVC/vidro	57
4.3.3. Cobertura – Substituição da cobertura em telhas de fibrocimento pelas opções: telhas cerâmicas e telhas de PVC	60
4.3.4. Mão de obra – Análise da energia em relação à produtividade da mão de obra	62
4.3.5. Casa final. Substituição dos fechamentos internos e externos, da cobertura e da esquadria	65
5. Expandindo as discussões	69
5.1. Vida útil	69
5.2. Reservas de recursos	71
5.3. Energia por unidade	76
5.4. Padrões ABNT NBR 12721:2006	77
5.5. Indicadores	78
6. Conclusões	81
7. Propostas para pesquisas futuras	83
8. Referências Bibliográficas	84
Anexos	88

Lista de figuras

Figura 1. Proposta de divisão das análises em construção civil.	16
Figura 2. Diagrama de Energia dos Sistemas desenvolvido por Meillaud.	20
Figura 3. Diagrama de Energia dos Sistemas desenvolvido por Simoncini.	21
Figura 4. Diagrama de Energia dos Sistemas desenvolvidos por Pulselli.	22
Figura 5. Diagrama de Energia dos Sistemas desenvolvido por Santos.	23
Figura 6. Diagrama representando a forma como os cálculos são apresentados nos anexos.	41
Figura 7. Diagrama de Energia dos Sistemas para a construção de uma casa.	47
Figura 8. Gráfico da porcentagem em energia dos recursos utilizados para a construção da casa padrão.	49
Figura 9. Gráfico da Porcentagem em energia dos seis recursos mais utilizados por etapa.	49
Figura 10. Gráfico da porcentagem em energia da construção da casa padrão.	50
Figura 11. Comparação da energia total para os nove recursos mais representativos através das quatro substituições propostas.	55
Figura 12. Comparação da porcentagem em energia para cada uma das etapas das quatro substituições propostas.	56
Figura 13. Comparação em energia dos materiais propostos na casa padrão e nas duas substituições para a etapa 7 – Esquadrias.	59
Figura 14. Comparação em energia dos materiais propostos na casa padrão e nas duas substituições para a etapa 5 – Cobertura.	60
Figura 15. Comparação em energia da mão de obra empregada na casa padrão com os coeficientes de produtividade máximos e mínimos por etapa da obra.	65
Figura 16. Gráfico em Emergy Signature da Casa padrão e da casa final.	67
Figura 17. Gráfico da porcentagem em energia da distribuição dos seis recursos mais utilizados para a casa final por etapa da obra.	68
Figura 18. Gráfico da porcentagem em energia por etapa da construção da casa final.	69
Figura 19. Gráfico do comportamento das reservas em energia para a gipsita nos anos de 2007 e 2014 conforme material utilizado na etapa 4 – fechamentos internos e externos.	73

Figura 20. Gráfico do comportamento das reservas em energia para a argila nos anos de 2007 e 2014 conforme material utilizado na etapa 4 – fechamentos internos e externos. 74

Figura 21. Gráfico do comportamento das reservas em energia para o calcário nos anos de 2007 e 2014 conforme material utilizado na etapa 4 – fechamentos internos e externos. 75

Lista de tabelas

Tabela 1. Descrição dos símbolos utilizados no trabalho, com base em (Odum, 1996).	27
Tabela 2. Modelo de tabelas a serem utilizadas neste trabalho.	28
Tabela 3. Projetos-padrão estabelecidos para residências pela NBR 12721:2006.	32
Tabela 4. Descrição das unidades familiares, por projeto-padrão, especificada pela NBR 12721.	33
Tabela 5. Padrões de acabamentos para projetos-padrão residenciais conforme NBR 12721.	36
Tabela 6. Modelo de tabela geral em emergia, para uma casa, agregando os valores da tabela 7 e adequando-os para emergia.	42
Tabela 7. Modelo de tabela geral para quantidade de recursos empregados por Etapa da obra.	42
Tabela 8. Modelo de tabela para cada etapa, dividida por serviços realizados.	43
Tabela 9. Tabela geral em emergia para a casa padrão.	48
Tabela 10. Resumo do valor total em emergia da casa substituição 1 e da casa padrão. Substituição do tijolo baiano pelo bloco de concreto.	52
Tabela 11. Resumo do valor total em emergia da casa substituição 2 e da casa padrão. Substituição do tijolo baiano pelo bloco de concreto reciclado.	53
Tabela 12. Resumo do valor total em emergia da casa substituição 3 e da casa padrão. Substituição do tijolo baiano pelo bloco de gesso maciço.	54
Tabela 13. Resumo do valor total em emergia da casa substituição 4 e da casa padrão. Substituição da esquadria mista pela esquadria de madeira.	57
Tabela 14. Resumo do valor total em emergia da casa substituição 5 e da casa padrão. Substituição da esquadria mista pela esquadria de PVC.	58
Tabela 15. Resumo do valor total em emergia da casa substituição 6 e da casa padrão. Substituição da cobertura de fibrocimento por telhas cerâmicas.	60
Tabela 16. Resumo do valor total em emergia da casa substituição 7 e da casa padrão. Substituição da cobertura de fibrocimento por telhas de PVC.	61
Tabela 17. Resumo do valor total em emergia da casa padrão com os coeficientes máximos e mínimos de produtividade.	64
Tabela 18. Emergia para a casa final com substituição das etapas: fechamentos internos e externos, coberturas e esquadrias.	66
Tabela 19. Tabela em Emergia da manutenção necessária para que a casa possua 50 anos de vida útil.	70

Tabela 20. Resumo do valor total em energia dos projetos-padrão ABNT NBR 12721. 77

Tabela 21. Indicadores calculados para as construções: Casa Padrão, Casa Final e Projetos Padrão NBR 12721 – R1B; R8B, R1N; R8N. 78

Resumo

Este estudo aplica a contabilidade ambiental em emergia para avaliar a construção de uma casa e as propostas de casas alternativas, com mudança de alguns materiais. A casa inicialmente estudada é caracterizada pelos padrões da NBR 12721:2006, tipo R1-B. São avaliados os fluxos de energia e materiais do processo de construção da casa padrão. Também são propostas sete alterações em materiais durante a construção da casa, nas etapas de fechamentos internos e externos, cobertura e esquadrias. A emergia total para a casa padrão é de $2,03 \times 10^{17}$ sej e para a casa com as melhores alterações propostas (fechamentos em bloco de gesso, esquadrias e coberturas de PVC) é de $1,45 \times 10^{17}$ sej, uma redução na ordem de 29% da casa alterada para a casa padrão. Materiais como areia, pedra e cimento, em todas as análises, possuem grande representatividade no cálculo em emergia da obra. As etapas de super estrutura e fechamentos internos são as que possuem maior porcentagem no total da contabilidade em emergia. De posse dos valores calculados para a casa padrão e a casa final são feitas discussões mais amplas, como a vida útil das edificações, o impacto da construção de milhões de casas nas reservas das matérias-primas calcário, gipsita e argila. A redução no valor em emergia da casa padrão para a casa em emergia acompanha um maior impacto nas reservas disponíveis o que deve ser levado em conta na tomada de decisões de planos de incentivo do governo. O investimento para manutenção dos 50 anos de vida útil da casa, em emergia, praticamente se equivale à construção de uma nova casa, nos mesmos padrões. São calculados indicadores para a casa padrão e para a casa final, e os mesmos são comparados com outros padrões de construção estipulados pela NBR 12721:2006. As construções verticais ocupam espaços urbanos menores porém há um investimento em emergia em áreas comuns que não existe na construção de casas, perceptível na análise da emergia por área útil da edificação.

Palavras-chave: contabilidade ambiental; emergia; construção; casas; indicadores; substituição de materiais; sustentabilidade.

Abstract

The aim of this study is to evaluate the manufacturing process of a house and its alternatives when some constructive materials are changed, by using the emergy environmental accounting methodology. The house project (named as standard house) is characterized as the R1-B type according to the “NBR 12721:2006” patterns. In this way, all the energy and materials flows involved in its manufacturing process are evaluated and expressed in emergy terms. Seven alternative scenarios are proposed by means of constructive materials substitution at internal and external walls stage, roofing and framing stage. The total emergy that sustain the standard house is $2,03 \times 10^{17}$ sej and $1,45 \times 10^{17}$ sej for the best scenario proposed (house with walls in blaster bricks, roofing and framing in PVC). The emergy reduction due to the best substitution results in 29%. Constructive materials such as sand, gravel and cement are very representative in terms of emergy during the manufacturing process. The most representative manufacturing stages are building framing and internal walls stages. Life span concept as well as the impact of millions of house manufacturing (based in Brazilian housing needs) in Brazilian limestone, gypsum and clay reserves are also discussed from emergy results. The standard house emergy reduction as a consequence of the best substitution is shown not to be the best choice in term of the impact upon available reserves and it should be taken into account in government decisions. Emergy investment for house maintenance if 50 years are considered is comparable to a new house manufacturing process. Emergy indicators are calculated for the standard house and the best alternative, and are compared with other housing patterns according to NBR 12721:2006. Vertical housings, although occupying smaller urban areas, present an emergy investment in common areas that does not exist in horizontal housing. This fact is evident in emergy analysis when expressed per manufactured area.

Key-words: environmental accounting, emergy, construction, indicators, material substitution, sustainability.

1. Introdução

1.1. Contexto da Construção Civil

A preocupação internacional com o uso responsável dos recursos do planeta começa a ser discutida oficialmente na década de 70. A incontrolável exploração dos recursos naturais e a alta quantidade de emissões de poluentes e resíduos torna-se pauta das discussões políticas quanto à sustentabilidade do planeta e ao futuro das gerações.

Herman Daly, em 1990, define as principais condições para o desenvolvimento sustentável (Guarnetti, 2007; notas de aula, 2008/2009): 1) A velocidade de uso da fonte renovável não deve superar a velocidade de regeneração. 2) A velocidade de uso da fonte não renovável não deve superar a velocidade de desenvolvimento do substituto renovável. 3) A emissão de poluentes (ou de resíduos) não deve superar a capacidade de absorção (Carrying capacity) do ambiente.

Diante desta definição e da necessidade de se estabelecer o desenvolvimento sustentável, torna-se necessário encontrarmos as maiores fontes de insustentabilidade no planeta. Entre elas, o setor da construção civil, tem sido apontado como tendo papel significativo nos estudos de sustentabilidade, em virtude do grande volume de recursos consumidos pelo setor e, conseqüentemente, de resíduos gerados. Aproximadamente 30 a 40% de todos os recursos naturais extraídos são utilizados pela indústria da construção civil (Pulselli et al, 2007). A indústria do cimento é responsável por cerca de 5% de toda a emissão de CO₂ no mundo (Pulselli² et al, 2008). O entulho da construção civil (independente da fase em que foi gerado) representa algo em torno de 55% da massa dos resíduos sólidos urbanos produzidos na cidade de São Paulo (SindusconSP, 2005).

O setor da construção civil no Brasil contribui com 8% do total de pessoas empregadas e pela expectativa de 61% dos investimentos nos anos de 2007 a 2014 em função do impulso no crédito imobiliário (Revista Indústria Brasileira, 2007), Programa Minha Casa Minha Vida (investimentos na ordem de R\$ 34 bilhões e construção de 1 milhão de casas para famílias com rendas inferiores a 10 salários mínimos), e pelo PAC (Programa de Aceleração do Crescimento), criado pelo Governo Federal em 2007 (investimentos na ordem de R\$ 500 bilhões), reeditado em 2010, e que trará investimentos na ordem de R\$ 959 bilhões entre 2011 e 2014 (site do governo federal). Em 2008, o déficit habitacional ficou em torno de 5,572 milhões de novas moradias. Desse número, cerca de 83% corresponde à incidência da necessidade de habitações na área urbana. Os levantamentos mostram que cerca de

89,6% do total do déficit habitacional urbano corresponde a famílias com rendimento inferior a três salários mínimos. Além disso, praticamente a totalidade deste déficit está concentrada nas regiões metropolitanas dos Estados (Ministério das Cidades, 2010).

Com os dados acima apresentados e a preocupação na sustentabilidade do planeta, diversos estudos vêm sendo elaborados para a construção civil brasileira e mundial. São técnicas construtivas que produzem menos resíduos, materiais que incorporam produtos provenientes da reciclagem ou reutilização de resíduos, utilização de materiais com recursos renováveis ou recursos que possuem maior disponibilidade no ambiente (matéria-prima ainda abundante).

1.2. Panorama da Sustentabilidade na Construção Civil

Estudos de sustentabilidade na construção civil vêm sendo largamente efetuados nos últimos 15 anos. Fazem parte do cotidiano do Engenheiro Civil e do Arquiteto novas tecnologias, novos materiais e melhores produtividades nos sistemas já existentes. Dentro das propostas atualmente apresentadas, pode-se agrupar os estudos em quatro grandes linhas de pesquisa (Casagrande, 2010): etapa de fabricação dos materiais, etapa de construção, etapa de uso e etapa de disposição final dos resíduos.

A 1ª linha, denominada como etapa de fabricação de materiais, engloba as pesquisas realizadas na obtenção de novos materiais, sejam eles provenientes da reciclagem ou reutilização de materiais já descartados, provenientes de técnicas mais limpas de produção, fabricadas com menor desperdício ou provenientes de recursos renováveis. Cita-se como exemplo o concreto fabricado com agregados graúdos provenientes de demolição, blocos de concreto com borracha reciclada, tintas fabricadas com minerais, entre outros.

A 2ª linha, denominada como etapa de construção, engloba a logística executiva da obra, o planejamento prévio para ganhos de prazos e produtividades, práticas construtivas entre outros. Esta linha engloba o desenvolvimento da qualidade dentro da etapa de construção da obra.

Na 3ª linha, considerada como etapa de uso, estão a maioria dos estudos e certificações existentes. Suas pesquisas são em conforto ambiental, aproveitamento máximo da luminosidade exterior, reaproveitamento de águas de chuva e de sanitários, entre outros disponíveis.

A última linha, denominada disposição final de resíduos, engloba a minimização na geração dos resíduos durante a execução da obra e o planejamento

para a desconstrução da obra. Destinação e reaproveitamento dos resíduos, não somente na construção civil, mas em outras áreas, estão dentro desta linha.

As características básicas dos Edifícios Sustentáveis (Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica, acessado em 2010) são: gestão sustentável da implantação da obra; consumir mínima quantidade de energia e água na implantação da obra e ao longo de sua vida útil; uso de matérias-primas eco eficientes; gerar mínimo de resíduos e contaminação ao longo de sua vida útil; utilizar mínimo terreno e integrar-se ao ambiente natural; não provocar ou reduzir impactos no entorno – paisagem, temperaturas e concentração de calor, sensação de bem-estar; adaptar-se às necessidades atuais e futuras dos usuários (Haukoos, 1995); criar um ambiente interior saudável; proporcionar saúde e bem-estar aos usuários

A contabilidade ambiental em Emergia (Odum, 1996) é uma metodologia que permite contabilizar os recursos naturais e econômicos que entram em um sistema utilizando uma unidade comum, o joule de energia solar (*solar emergy joule - sej*). Esta metodologia suporta as análises de sustentabilidade que devem ser efetuadas para a construção civil, já que considera todo o suporte ambiental para os processos da biosfera, atribuindo desta forma o fator qualidade nos materiais e técnicas utilizadas na construção (Federici et al, 2003). Os resultados obtidos utilizando esta metodologia, podem ser usados para comparação entre diversos materiais e tecnologias utilizadas na construção civil, inclusive os propostos neste trabalho.

Cada vez mais é necessário englobar todas as pesquisas específicas da área e avaliá-las. Uma das formas de se fazer isto é através da utilização de indicadores. Os indicadores (Giannetti & Almeida, 2006) transmitem informações que esclarecem inúmeros fenômenos não imediatamente observáveis. São ferramentas de informação que permitem avaliar vários aspectos de um sistema, inclusive impactos ambientais. É importante comparar os resultados obtidos nestes estudos, objetivando a construção sustentável.

1.3. Objetivo do trabalho

A construção civil é um dos setores que mais utiliza recursos naturais e uma das que mais gera resíduos, gasosos e sólidos, ao meio ambiente. Diante disso é necessário termos critérios claros de avaliação na escolha de *como, onde e com o quê* construirmos. Para isso, várias metodologias podem ser empregadas, como emergia (Odum, 1996), avaliação do ciclo de vida (Kuhn, 2006; Giannetti & Almeida, 2006), exergia (Brown, 2002), energia incorporada (Guimarães, 1985), emissão de CO₂

(Kuhn, 2006; Stachera, 2006), intensidade do fluxo de materiais (Federici et al, 2003), entre outras. Porém, todas estas metodologias se limitam em alguns pontos, seja por analisar apenas o resíduo gerado, a emissão durante o processo de fabricação, a extração do material ou por não possuir indicadores quantitativos para que se façam comparações numéricas e não discursivas.

Analisado isso, propõe-se inicialmente neste trabalho a seguinte visão da construção civil (figura 1), delimitando a abrangência deste estudo (quadros destacados) e deixando em aberto a continuação do mesmo ou ideia futura para novas pesquisas.

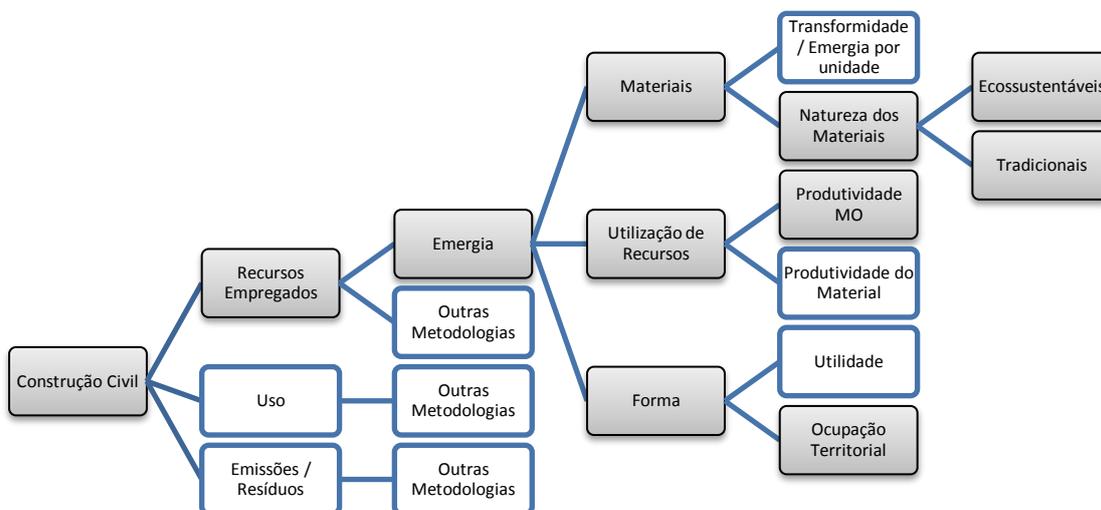


Figura 1 – Proposta de divisão das análises em construção civil e destaque, em cinza, para a análise proposta nesta pesquisa.

A visão proposta pelo organograma da figura 1 é da subdivisão ou detalhamento da análise em energia em três itens: materiais, utilização de recursos e forma.

Dentro do 1º item, materiais, pode-se estudar o cálculo da transformidade (ou energia específica/energia por unidade) de materiais ou a natureza (fonte) destes materiais, sendo estes classificados em tradicionais (usualmente utilizados pela construção civil, como cimento, areia, pedra, argila, petróleo) ou eco-sustentáveis (novos materiais que vêm sendo estudados ou produzidos através da reciclagem de outros materiais, como tintas ecológicas, blocos de concreto agregados a borracha de carros, ecoplacas, ou da utilização de fontes renováveis de recursos).

Na utilização dos recursos, 2º item, pode-se analisar alternativas com maior produtividade de mão de obra, como produtos industrializados ou executados por profissionais mais qualificados, ou melhor produtividade na execução do material, isto é, com processos de fabricação dos mesmos menos agressivos ao meio ambiente.

Para a forma da edificação, pode-se destacar a utilidade (serventia) do edifício, ou seja, se é uma residência, shopping, hospital ou universidade ou a área de ocupação no território, onde se analisa a vantagem das construções verticais e o adensamento de muitos recursos em pequenas áreas utilizadas de solos.

O objetivo específico deste estudo é calcular os recursos empregados na construção de uma casa e a sensibilidade desta construção quando são efetuadas algumas mudanças de materiais, utilizando-se da metodologia da contabilidade ambiental em emergia. De posse desses resultados ampliam-se as discussões de modo a integrar estas decisões aos impactos ambientais. Espera-se que a metodologia desenvolvida neste trabalho seja uma ferramenta útil para avaliar o processo construtivo, do ponto de vista ambiental, utilizando-a na escolha e definição de *como e com o quê* devemos construir e expandindo-a para análises de prédios, shoppings, estradas e demais produções ligadas à construção civil.

1.4. Estrutura do documento

Este trabalho está estruturado em oito capítulos. Neste primeiro, é apresentado o contexto no qual o tema da pesquisa está inserido e o objetivo. O 2º capítulo traz uma revisão bibliográfica relacionada à pesquisa executada, dividida em duas partes: 1) trabalhos englobando a metodologia (Emergia) e a construção civil; 2) trabalhos de construção civil que destacam a sustentabilidade de materiais, construções, técnicas de edificações e outros assuntos correlatos.

O 3º capítulo apresenta a metodologia utilizada nesta pesquisa. Sua divisão está ligada ao entendimento da ferramenta de contabilidade ambiental, das considerações quanto à construção de uma casa, aos métodos utilizados para o levantamento de dados e à forma como os resultados serão apresentados. No 4º capítulo apresentam-se e discutem-se os resultados obtidos e as mudanças realizadas no sistema.

O 5º capítulo possui uma expansão das discussões, onde outros fatores passam a ser inseridos nas análises e o cálculo dos indicadores. O capítulo 6 possui as conclusões deste estudo. Já o capítulo 7 apresenta as propostas para pesquisas futuras. As referências bibliográficas estão no capítulo 8. Após este, estão os anexos necessários para acompanhamento.

2. Estado da Arte

Este capítulo destina-se a apresentar trabalhos existentes na literatura em áreas correlatas à pesquisa realizada. Sua função é embasar esta pesquisa da metodologia utilizando a emergia na construção civil e as demais feitas em materiais e casas, buscando o desenvolvimento sustentável deste setor.

Para facilitar a análise, os trabalhos aqui apresentados estão separados em duas grandes linhas de pesquisa: Análise de Construções utilizando-se da metodologia em emergia e Análise de materiais e construções sob o ponto de vista da Sustentabilidade.

2.1. Análise de construções utilizando-se da metodologia em emergia

Haukoos (Haukoos, 1995), estudou a construção de casas residenciais utilizando a metodologia em emergia. Embasado em uma grande revisão histórica do processo de industrialização do setor da construção civil e da necessidade de se arquitetar as obras, com fundamentos nas futuras expansões, aproveitamento de áreas internas e as vantagens e desvantagens dos tipos de construção utilizados durante a história da arquitetura, Haukoos explana a metodologia em emergia e os diagramas de energia dos sistemas para fabricação de materiais. Produtos em madeira, aço e cimento são calculados em seu trabalho. A análise das casas se inicia com a definição do conceito (design) da casa e com os tipos de construções que seriam usadas e comparadas.

A análise de Haukoos (Haukoos, 1995) é feita com o cálculo em custo monetário e quantidade de materiais, mediante o custo estimado em emergia. Utilizando-se de um guia prático para auxílio no quantitativo de recursos empregados, similar a TCPO (Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos) que será explanada e utilizada neste estudo mais adiante, e na divisão das etapas da obra (canteiro de obra, fundações, estrutura, paredes externas, cobertura, interiores, etc) são feitos os levantamentos dos materiais utilizados. A proposta utilizada por Haukoos foi a construção de casas em madeira, concreto ou em estruturas de aço. Os resultados são comparados através do custo monetário e do custo em emergia (a emergia da mão de obra também foi calculada através de investimentos monetários). Os materiais e o custo da mão de obra estão divididos em renováveis e não renováveis.

Uma das conclusões do trabalho é baseada em que os sistemas podem ser medidos, quanto à insustentabilidade, quando se compara os recursos não renováveis (serviços humanos e materiais) empregados em uma ou outra técnica construtiva. Fica claro em sua tese que a sustentabilidade não é diretamente proporcional à utilização dos recursos renováveis, mas que a insustentabilidade está ligada à utilização dos recursos não renováveis. Com este ponto de vista, Haukoos afirma que nenhum dos três processos possui grande distorção, já que a quantidade dos recursos não renováveis é muito próxima entre as propostas. Em sua tese, Haukoos indica a comparação da arquitetura e da construção das casas através de índices que meçam a quantidade de recursos por metro quadrado, metro cúbico ou quantidade de habitantes.

Buranakarn (Buranakarn, 1998) avalia a infraestrutura de um sistema de construção civil, estudando também a utilização de materiais provenientes de reuso ou reciclagem, através do método de análise em energia. Materiais com larga utilização na construção civil, como cimento, concreto, aço, vidro e alumínio são analisados mediante três processos de reciclagem. Brown e Buranakarn (Brown e Buranakarn, 2003) publicam artigo, englobando a pesquisa realizada por Buranakarn (Buranakarn, 1998), com valores de energia por unidade para produtos provenientes da reciclagem de materiais, bem como os seus indicadores. Buranakarn conclui que a energia por massa é um bom indicador para calcular a habilidade de reciclagem de um material. Entre suas conclusões também está que os maiores benefícios para a sociedade parecem resultar da reciclagem dos materiais, porém a sua reutilização após adaptação ou a utilização como subproduto também é positiva.

Buranakarn (Buranakarn, 1998) analisa a vida útil dos materiais por duas formas. A primeira, conhecida apenas como vida útil, é o período de tempo que o material servirá nas suas configurações e funções características. A segunda, chamada de vida útil de aplicação, é o tempo de vida útil de um material em particular ou com as configurações necessárias para desempenhar um papel na construção. Parte de seus valores e conceitos compõe os cálculos deste trabalho.

Meillaud (Meillaud, 2003) avalia a utilização de um campus universitário, o LESO na Suíça, realizando a contabilidade ambiental em energia da sua construção, entre outros cálculos (alunos de pós graduação e painéis solares para economia de energia), analisando todas as entradas do sistema. O cálculo da energia por unidade de alguns materiais, o tempo de vida útil desses e os critérios adotados para a contabilidade deste edifício também foram utilizados nesta pesquisa. Meillaud (Meillaud et al, 2005) publica artigo sintetizando o cálculo do prédio, LESO, utilizando

a contabilidade em energia. A apresentação do diagrama de energia dos sistemas é feita na figura 2.

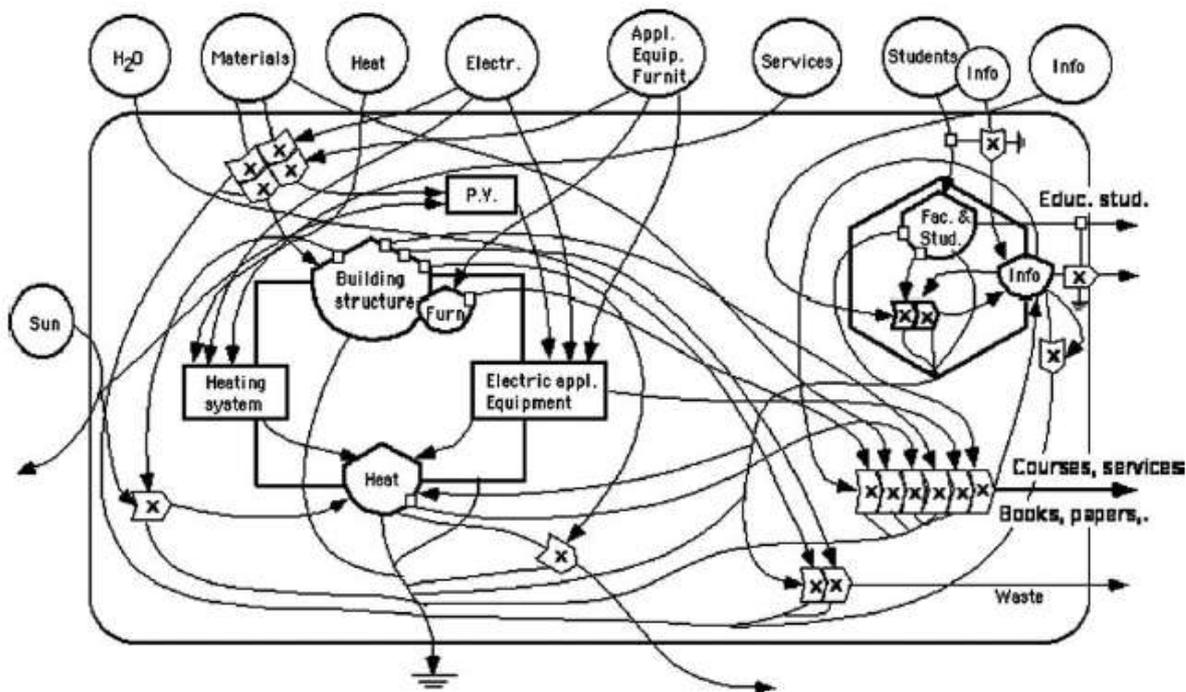


Figura 2 – Diagrama de Energia dos Sistemas desenvolvido por Meillaud (Meillaud et al, 2005).

Simoncini (Simoncini, 2005), realiza pesquisa quanto à fabricação de cimento e concreto, através da energia; posteriormente, calcula os recursos empregados na construção, manutenção e uso de um prédio, e os efeitos ambientais e das tecnologias construtivas de uma solução com placas fotovoltaicas.

Inicialmente, na pesquisa de Simoncini (Simoncini, 2005), é realizada uma descrição do sistema da construção civil, os impactos mundiais do setor, os critérios e a base científica da sustentabilidade no setor, incluindo as ferramentas de contabilidade ambiental e os indicadores calculados em diversos artigos e pesquisas. A energia, desenvolvida por Odum nos anos 80 e sintetizada em publicações (Odum, 1996; Odum, 2000) se apresenta como uma metodologia capaz de analisar a sustentabilidade deste setor para o meio ambiente através de indicadores que sintetizam os recursos empregados e que podem comparar mesmos produtos formados por composições diferentes.

Na continuação de seu trabalho, Simoncini (Simoncini, 2005) calcula a energia para o cimento e para o concreto, com base nos dados italianos. Tendo estes dados em mãos, inicia a análise de um prédio para fins residenciais/comerciais. A metodologia de cálculo do sistema estudado na pesquisa de Simoncini é adotada em quase sua totalidade na análise da casa deste trabalho. O sistema estudado por

Simoncini engloba a fase de construção, manutenção e uso do edifício, conforme diagrama de energia dos sistemas (sua explicação será dada no capítulo 3 deste trabalho) e é apresentado a seguir (figura 3).

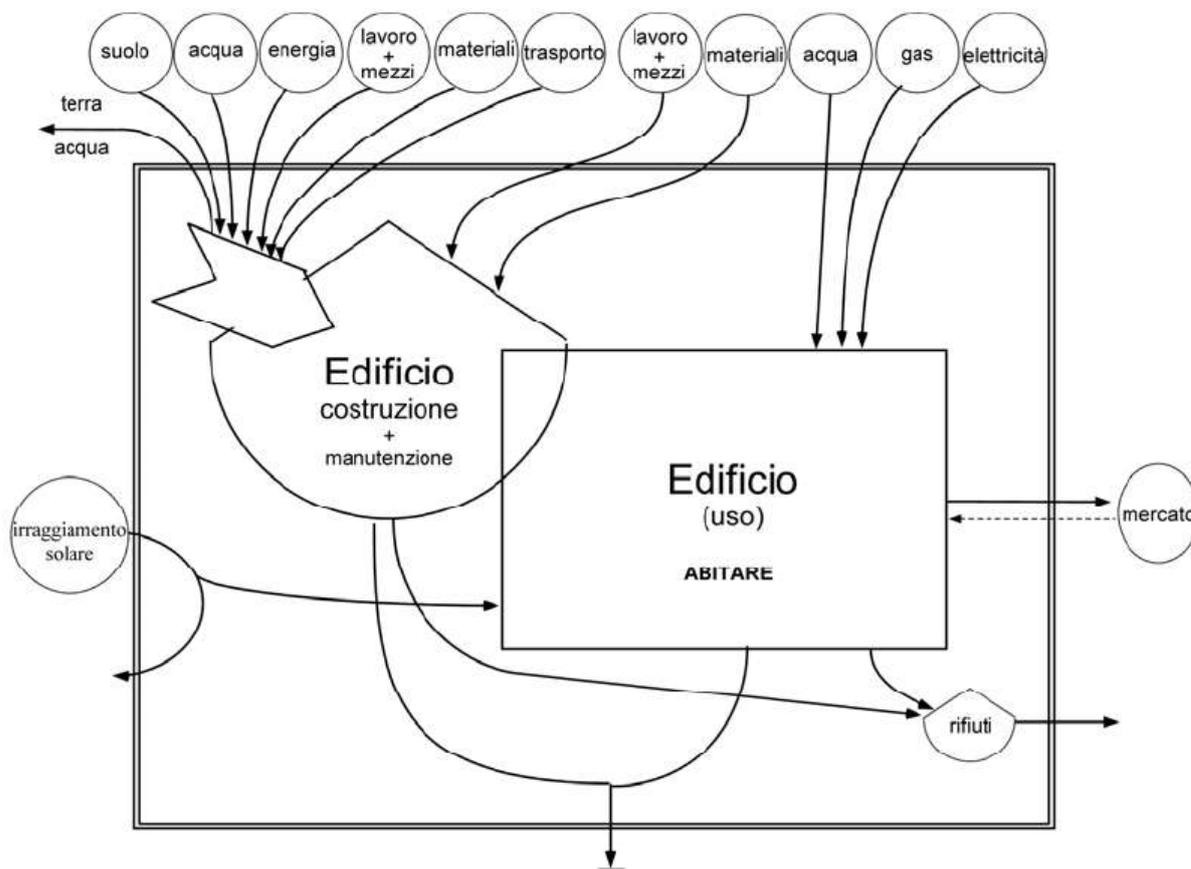


Figura 3 – Diagrama de Energia dos Sistemas desenvolvido por Simoncini (Simoncini, 2005).

O sistema estudado por Simoncini (Simoncini, 2005) também é dividido em etapas de obra, assim como feito por Haukoos (Haukoos, 1995). Após o cálculo em energia da construção da casa, também são calculadas as fases de manutenção e uso do edifício, além de propor a adequação das alvenarias através de três sistemas diferentes, e analisar a energia do mesmo após esta mudança. Esta mudança visa otimizar o conforto térmico do edifício. Também é feita a análise em energia de uma célula fotovoltaica e a transformação da mesma em energia elétrica para o edifício.

Com base nos estudos realizados por Simoncini (Simoncini, 2005), Pulselli e colaboradores publicam três artigos (Pulselli et al, 2007; Pulselli et al, 2008⁽¹⁾; Pulselli et al, 2008⁽²⁾) relacionando a construção civil e o cálculo em energia. O primeiro analisa a construção civil, nas fases de construção, manutenção e uso, calculando valores de indicadores para comparação com outras construções. Estes indicadores,

visando a avaliação do desempenho ambiental de edifícios, são comparados no capítulo 5 deste trabalho.

O diagrama de energia dos sistemas, apresentado (figura 4) por Pulselli (Pulselli et al, 2007), mostra uma nova interação antes do estoque de manutenção. Além disso a energia solar aparece como uma entrada no fluxo de energia da interação da casa.

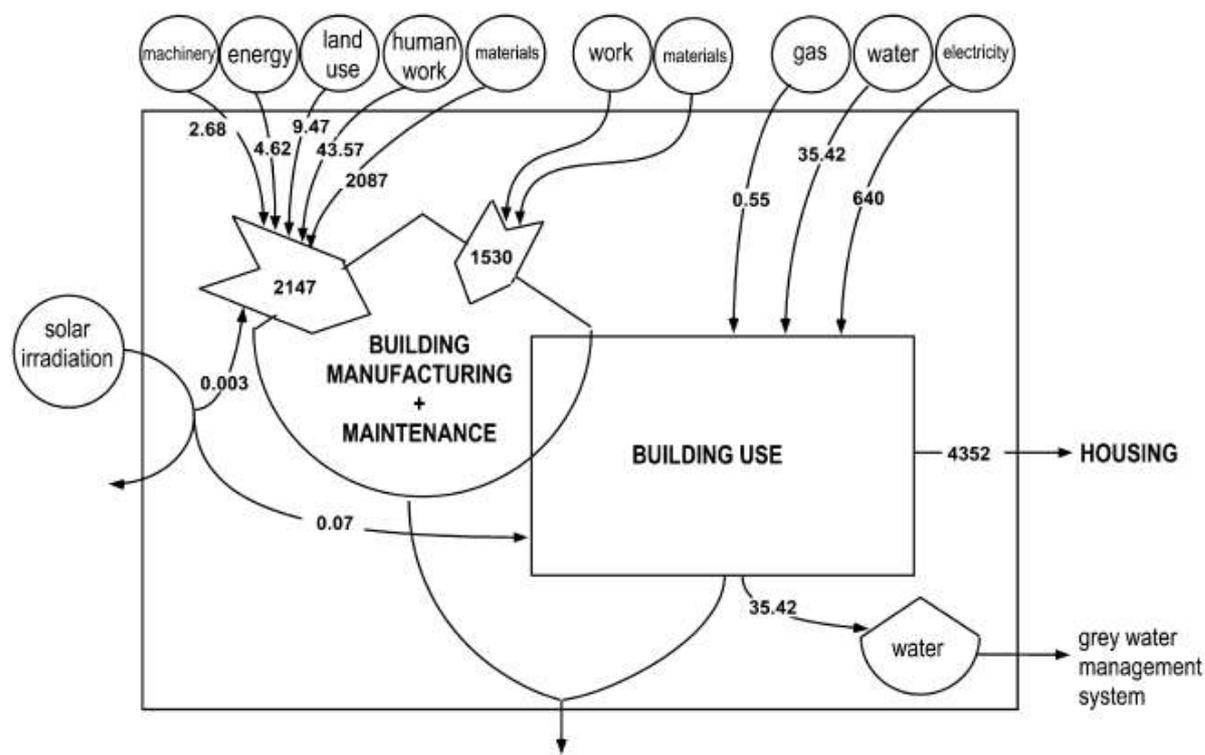


Figura 4 – Diagrama de Energia dos Sistemas desenvolvido por Pulselli (Pulselli et al, 2007).

Numa comparação entre a interação realizada por Pulselli (Pulselli et al, 2007) na construção com a interação realizada por Meillaud (Meillaud et al, 2005) nota-se que há uma entrada de materiais no estudo de Meillaud e que as interações ocorrem sobre esta entrada. Já no estudo de Pulselli não são identificadas as entradas da interação.

Os outros dois artigos publicados por Pulselli (Pulselli et al, 2008⁽¹⁾; Pulselli et al, 2008⁽²⁾), apresentam os critérios e cálculos para a energia do cimento e do concreto, considerando as características italianas (máquinas, energia, combustíveis) e para o estudo do revestimento considerando uma determinada localização e clima.

Santos (Santos, 2010) avalia os cursos de Engenharia, Administração e Farmácia da Universidade Paulista, através da contabilidade ambiental em energia. Para a avaliação dos cursos é calculado o estoque em energia da implantação e uso do edifício, localizado na cidade de São Paulo.

Os dados do trabalho de Santos (Santos, 2010) foram obtidos através da coleta em campo, com medições do prédio e das instalações existentes. A figura 5 apresenta o diagrama de energia dos sistemas desenvolvido em seu trabalho. Nota-se que todos os recursos empregados na construção do edifício e que são utilizados posteriormente como infraestrutura, estão dentro de um estoque, denominado estrutura do edifício.

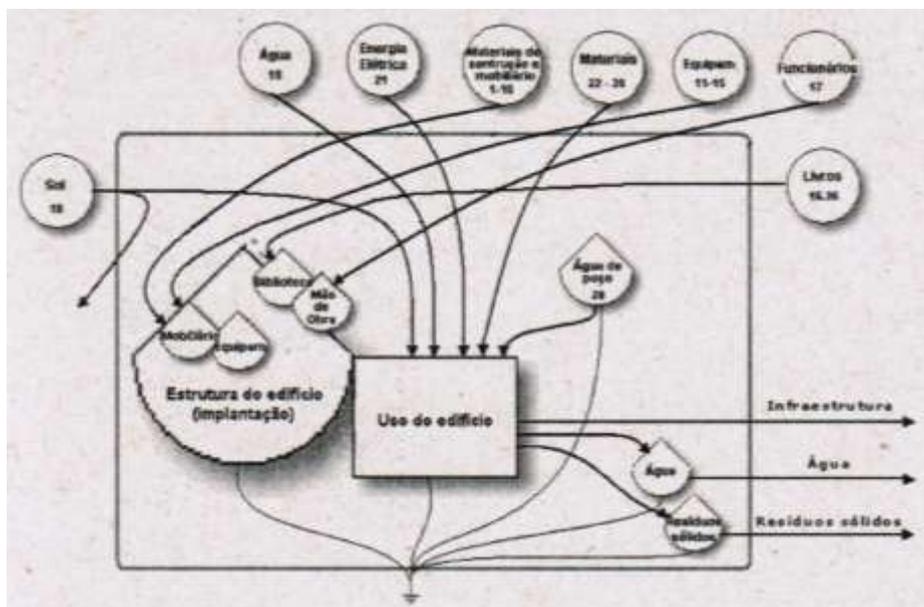


Figura 5 – Diagrama de Energia dos Sistemas desenvolvido por Santos (Santos, 2010).

Pelos dados obtidos por Santos (Santos, 2010) o concreto (cimento + areia + pedra) é o recurso que mais contribui no valor da energia total do edifício, com 52%. Do valor total em energia do edifício, dividido por ano de utilização (considerou-se 25 anos de vida útil), 89% da energia encontra-se na fase de implantação e 11% na fase de uso.

2.2. Análise de materiais e construções sob o ponto de vista da Sustentabilidade

Guimarães (Guimarães, 1985) realiza em sua dissertação de mestrado um estudo de análise energética na construção de habitações. Seu trabalho é voltado ao consumo acumulado de energia no processo de fabricação dos materiais e na construção de habitações.

Inicia-se o trabalho com um descritivo sobre os materiais de construção (terra, areia, pedra, cimento, ferro, vidro, etc), incluindo a sua origem e o seu uso na construção civil, até chegar à metodologia de pesquisa. Em sua metodologia, são apresentados aspectos históricos da fabricação de materiais e a quantidade de investimentos feitos para que o produto (bloco, telha, etc) chegue ao canteiro de obra em condições de ser utilizado. A cadeia energética dos materiais é apresentada na sequência da metodologia. Esta cadeia produtiva citada por Guimarães (Guimarães,

1985) é fruto de discussão futura neste trabalho, quanto à energia por unidade dos materiais que ainda precisa ser calculada.

Analisando uma casa e um prédio, de padrão popular, são apresentados percentuais de cada material para o consumo energético e para o custo econômico de sua construção. Além dos materiais, o custo da mão de obra (horas/homem de trabalho) também é calculado.

Conclusões feitas por Guimarães (Guimarães, 1985) para substituição de materiais, apontam que a telha cerâmica possui o dobro do gasto em energia quando comparado à telha de fibrocimento, e as alvenarias em tijolo de barro possuem três vezes mais gasto com energia que o bloco de concreto.

Dividindo-se a construção em três fases, fabricação dos materiais, transporte e ereção das edificações, Guimarães (Guimarães, 1985) conclui que 94,5% da energia consumida na construção de uma casa encontra-se na fase de fabricação dos materiais, 5,5% na fase de transporte e 0,01% na ereção da casa; para o prédio o resultado foi de 95% para a fabricação dos materiais, algo em torno de 5% para transporte e aproximadamente de 0,6% para a ereção do prédio. Para se obter uma redução no consumo de energia de um determinado sistema pode-se substituir materiais que possuem maior intensidade energética por materiais com menor intensidade energética; quando se compara o custo econômico ao custo energético verifica-se que o custo econômico não é favorecedor ao menor consumo de energia.

Uma discussão tratada por Guimarães (Guimarães, 1985) é a questão de onde as casas e prédios populares estão sendo construídos. As populações mais pobres são as que moram mais distante dos centros urbanos, apesar de serem, em números absolutos, maiores do que as classes média e alta somadas. O acúmulo de pessoas nas periferias das cidades induz ao aumento na necessidade de infraestrutura que interliga estes pólos (habitacional e econômico) o que implica em altos investimentos. Isto demonstra que sem uma combinação de complexos valores de ordem sócio-econômica um material ou uma técnica construtiva não são a solução de um problema.

Segundo Guimarães (Guimarães, 1985) a construção de casas populares é muito sensível ao custo e como verificado em seu trabalho, o custo econômico da construção de uma casa não acompanha o custo energético, ou seja, a alta quantidade de casas a serem construídas para a população de baixa renda e a necessidade do seu baixo custo, podem impactar diretamente num consumo excessivo de energia incorporada.

Kuhn (Kuhn, 2006) avalia a sustentabilidade de um protótipo de interesse social, chamado Projeto Alvorada, que vem sendo desenvolvido há alguns anos pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

O trabalho, inicialmente com uma volumosa revisão bibliográfica quanto à sustentabilidade, incluindo os impactos ambientais da produção de insumos da construção civil e pelos resíduos durante a obra e o pós obra, prossegue para os critérios de avaliação de algumas ferramentas em contabilidade ambiental, como ACV (Avaliação do Ciclo de Vida) e emissões de CO₂ e para os cálculos executados para a construção deste protótipo.

Sua conclusão identifica as principais cargas ambientais que ocorrem ao longo do ciclo de vida das edificações, avalia os materiais empregados no protótipo Alvorada, compara os custos financeiros aos primeiros resultados ambientais da sua análise, e conclui que as tecnologias e os materiais utilizados para este protótipo são inicialmente mais sustentáveis em termos ambientais, porém com custos econômicos mais elevados. A planta arquitetônica do trabalho de Kuhn (Kuhn, 2006) é base da planta adotada para esta pesquisa. Suas discussões também fizeram parte do embasamento teórico da ideia aqui apresentada.

Stachera (Stachera, 2006) avalia as emissões de CO₂ na construção civil através de um estudo de caso da construção de habitação de interesse social no Paraná. Após a análise do panorama atual dos questionamentos culturais entre “Técnicas Tradicionais x Tecnologias Modernas x Tecnologias Apropriadas” da construção civil são apresentados dados das emissões de CO₂ no mundo. O Japão possui 7,8% das emissões de CO₂ oriundas da construção civil. Na Índia este valor é de 17%. As emissões de CO₂ na construção civil concentram 78% de suas emissões em apenas quatro materiais, concreto (33%, sendo grande responsável o calcário), aço (20%), plástico (20%) e tijolo (5%).

O cimento, em virtude das altas temperaturas a que é submetido durante a sua fabricação (calcário/argila passam por temperaturas de 220°C; Clinquer – 1400°C) emite muito CO₂. Estima-se que para o Brasil a relação existente seja de 0,6t de CO₂ / t cimento.

Para uma casa popular, de aproximadamente 40m², segundo Stachera (Stachera, 2006) o cimento, os tijolos e as telhas representam, somados, mais de 90% das emissões de CO₂ médio da casa. A distância entre os locais de fabricação ou venda dos materiais e as obras, não considerada na porcentagem acima, ainda aumenta o consumo de CO₂ da construção civil. Distâncias menores ou a utilização de materiais locais auxiliariam na redução das emissões de CO₂.

3. Metodologia

A metodologia utilizada neste estudo está dividida em quatro partes. A 1ª trata da ferramenta em contabilidade ambiental (Emergia) utilizada. A 2ª trata das considerações construtivas para a casa em estudo. Na 3ª parte tem-se os critérios adotados para o levantamento de dados e parametrização destes no presente estudo. Por último, uma breve descrição da forma como os resultados serão apresentados.

3.1. Ferramenta Analítica Empregada - Emergia

A Emergia (Odum, 1996) é utilizada neste estudo como ferramenta para avaliar a construção de casas, já que por conceito, seu valor total incorpora todos os recursos e serviços utilizados, direta ou indiretamente, na obtenção de um produto, processo ou serviço, incluindo os recursos do meio ambiente, economia e trabalho humano.

A base desta metodologia está no conceito de Transformidade Solar e Emergia Solar. Por definição, a Emergia Solar, ou simplesmente Emergia, é a quantidade de energia solar equivalente necessária para obter um produto ou um fluxo de energia de um dado processo. Essa é uma grandeza, como o volume e a massa, dependente da dimensão do sistema e sua unidade de medida é o joule emergia solar (*solar emergy joule* - sej). A Transformidade Solar, ou Transformidade, define a quantidade de emergia (sej) necessária para a obtenção de um joule de um produto, serviço ou processo, e sua unidade é o sej/J. Para alguns tipos de produtos e serviços, o fluxo de energia pode ser facilmente transformado em unidade de massa (sej/g), o que chamamos de emergia por unidade ou volume (sej/m³), dinheiro (sej/R\$) e outras unidades, as quais recebem o nome de emergia por unidade.

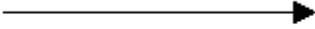
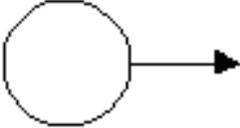
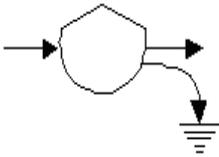
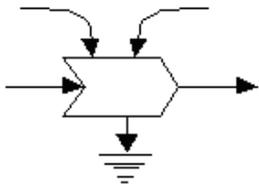
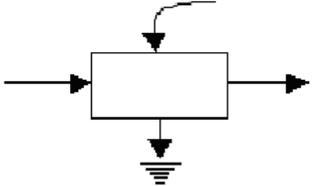
A emergia pode ser considerada como uma memória de energia, ou seja, como uma memória de toda a energia solar necessária para suportar um certo sistema, incluindo todas as transformações internas do sistema.

Na análise dos materiais a serem utilizados na construção, os que possuem maior transformidade, emergia específica ou emergia por unidade indicam uma maior complexidade e investimento de recursos. Transformidades com valores menores indicam produtos mais simples, com menos investimentos. A construção de uma casa com valores baixos de emergia indica uma menor quantidade de recursos (ambientais e econômicos) na produção da mesma.

Para a realização da contabilidade ambiental em emergia é necessária a construção de um diagrama de energia do sistema que está sendo avaliado. Este

diagrama serve para indicar os fluxos de entrada que serão avaliados e somados para a obtenção da energia resultante deste. Neste diagrama são definidas as fronteiras do sistema em estudo e todas as fontes de energia e materiais que alimentam o mesmo. A metodologia em Energia, utiliza uma simbologia própria (Odum, 1996) para a representação dos diversos componentes do sistema em estudo. Os símbolos usados, neste estudo, para a construção de diagramas de energia e uma descrição dos seus significados são apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Descrição dos Símbolos utilizados neste trabalho, com base em Odum (Odum, 1996).

Símbolos	Descrição
	<u>Fluxo de Energia:</u> Um fluxo cuja vazão é proporcional ao volume do estoque ou à intensidade da fonte que o produz.
	<u>Fonte:</u> Um recurso externo que fornece energia ao sistema. Recursos provenientes de serviço, materiais e recursos são representados desta forma.
	<u>Depósito / Estoque:</u> Uma reserva de energia dentro dos limites do sistema determinada pelo balanço de entradas e saídas.
	<u>Sumidouro de Energia:</u> O sistema usa a energia potencial para produzir trabalho. O custo dessa transformação é a degradação da energia, que abandona o sistema como energia de baixa qualidade. Todos os processos da biosfera dispersam energia .
	<u>Interação:</u> Interseção de no mínimo dois fluxos de energia para produzir uma saída (trabalho) que varia de acordo com uma certa função de energia. Exemplos: uma ação de controle de um fluxo sobre outro, presença de um fator limitante, uma válvula.
	<u>Caixa:</u> Símbolo de uso múltiplo que pode ser usado para representar uma unidade de consumo e produção dentro de um sistema maior. Representa um sub-sistema. A caixa pode ser preta, cinza ou branca, conforme o conhecimento que se tem sobre os fluxos de entrada e saída.

A partir do diagrama de energia dos sistemas, efetua-se a construção de uma tabela com todas as entradas de energia e materiais do sistema, em que cada item de entrada é representado em uma linha. Nesta etapa seleciona-se a transformidade ou energia por unidade para cada uma destas entradas para o cálculo da energia. O modelo das tabelas de energia utilizadas neste estudo está na tabela 2.

Tabela 2 – Modelo de tabelas a serem utilizadas neste trabalho.

Item (1)	Descrição (2)	Un. (3)	Quantidade (unidade / tempo de obra (4)	Energia por unidade (sej/un.) (5)	Energia (sej) (6)	% do total de energia (sej/sej) (7)	Ref. (8)
-------------	------------------	------------	--	--	-------------------------	---	-------------

Na coluna 1 são encontradas as referências numéricas para cada um dos itens (entradas do sistema) presentes na tabela. Na coluna 2 estão presentes os nomes de cada um dos itens referenciados na coluna 1, separados em recursos e serviços humanos. Na coluna 3 são exibidas as unidades de cada um dos itens da tabela, na forma em que foram mensurados. Na coluna 4 são exibidas as quantidades dos recursos empregados no sistema. Na coluna 5 são encontradas as transformidades (sej/J), as energias específicas (sej/kg) e as energias por unidade (sej/m³) de cada item presente na tabela. Os valores de energia do sistema são encontrados na coluna 6, resultado do produto entre as colunas 4 e 5. Na coluna 7 conhecemos a porcentagem do material em relação ao total em energia (sej/sej). A fonte das transformidades utilizadas encontra-se na coluna 8. A lista de transformidades e/ou energia por unidade utilizadas neste trabalho estão no Anexo A, onde é possível entender as adequações feitas para este trabalho, à fonte da transformidade e demais critérios utilizados.

Após a execução do diagrama e da tabela de dados, parte-se para a interpretação dos resultados, análises, discussões e cálculo de indicadores. Os indicadores servem para reduzir uma situação complexa ou um estudo complexo a um número (ou selo ou rótulo) e podem servir para avaliações e comparações das mudanças em diversos sistemas. Neste estudo, quatro indicadores são calculados para a casa padrão e para a casa alterada global. Os mesmos são comparados entre si e com outros indicadores existentes na literatura.

- a) Energia por m² construído (sej/m²). Calcula-se pela divisão de toda a energia empregada na construção pela área construída (incluindo todos os pavimentos). (Simoncini, 2005; Haukoos, 1995)

- b) Energia por m³ construído (sej/m³). Calcula-se pela divisão de toda a energia empregada na construção pelo volume construído. (Pulselli et al, 2007)
- c) Energia por m² de utilização do espaço urbano (sej/m² AU). Calcula-se pela divisão de toda a energia empregada na construção pela área ocupada de solo urbano.
- d) Energia por habitante (sej/hab). Calcula-se pela divisão de toda a energia empregada na construção da casa pelo número de habitantes recomendado para utilização da mesma. (Pulselli et al, 2007)

3.2. Definição das etapas de uma construção

De acordo com a revisão bibliográfica, os seres humanos necessitam de habitações e edificações que viabilizem a sua sobrevivência, tais como escolas, hospitais, centros de ensino.

Em termos habitacionais, há diversas formas de se especificar o método construtivo, os materiais e as tecnologias que serão empregados para a construção de casas. Neste estudo, define-se como fronteira do sistema as seguintes etapas, incluindo os serviços que serão executados dentro das mesmas:

Etapa 1 – Canteiro de Obras e Serviços Preliminares

No início da obra, são necessários serviços preliminares para instalação da obra e início das atividades. Os seguintes serviços foram considerados nesta etapa: construção de abrigo para guarda de materiais e documentos, sendo este coberto; limpeza da área em que ocorrerá a construção, através de raspagem e retirada de vegetação e da terra sobre a área a ser construída; marcação da obra, ou seja, delimitação das alvenarias e da área a ser construída.

Etapa 2 – Fundação

Após a demarcação das alvenarias e da área a ser construída, iniciam-se os serviços necessários para execução da obra. A fundação é a etapa onde todas as necessidades de embasamento da obra são executadas. Para este estudo, foram consideradas: execução de brocas para apoio das colunas da casa; vigas baldrames.

Etapa 3 – Super Estrutura

Com a fundação executada, começa a execução da estrutura da obra (“esqueleto” de sustentação). Para este estudo, considera-se: pilares para amarração da alvenaria, sustento de telhados e possível expansão de área construída; piso de concreto, como uma laje de piso, para execução do chão da casa e apoio dos demais elementos.

Etapa 4 – Fechamentos internos e externos

Trata-se das paredes de divisa entre os ambientes (cômodos), chamadas de fechamentos internos, e das paredes de divisa com o meio externo, chamadas de fechamentos externos. Considera-se neste estudo apenas a execução dos fechamentos, ou seja, assentamentos dos blocos e/ou divisórias, incluindo os materiais e procedimentos para tal assentamento.

Etapa 5 – Cobertura

Esta etapa considera o fechamento superior de toda a construção. É responsável pela estanqueidade superior da construção e pelo escoamento das águas desta área que passa a ser coberta. Neste estudo, considera-se: fechamento superior, incluindo estrutura e telhas, acompanhado de calhas e rufos. O escoamento das águas acumuladas nesta cobertura é feito pelo sistema de água pluvial, contabilizado na etapa 9 (instalações hidráulicas).

Etapa 6 – Revestimento Grosso e Impermeabilização

Esta etapa considera o tratamento/revestimento inicial a ser dado em determinados itens da obra. Considera-se como serviço desta etapa: impermeabilização do piso dentro dos sanitários e cozinha; forro de gesso em sanitários; chapisco, emboço e massa única de paredes.

Etapa 7 – Esquadrias

São as portas e janelas de uma edificação, incluindo os serviços de chumbamento e instalação dos mesmos.

Etapa 8 – Revestimento Fino e Acabamentos

Trata-se dos acabamentos a serem dados na edificação para entrega final. Estão considerados nesta etapa os serviços de pintura, assentamento de piso e azulejo.

Etapa 9 – Instalações Hidráulicas

Fazem parte das instalações hidráulicas, neste estudo, a alimentação de água (incluindo registros), drenagem de águas pluviais e escoamento do esgoto. Não foi considerada execução de entrada definitiva de água, caixa de água, louças e metais.

Etapa 10 – Instalações Elétricas

A infraestrutura e cabeamentos necessários para funcionamento elétrico da casa, excluindo quadros, entrada de energia, disjuntores, e acabamentos de tomadas, foram contabilizados.

Algumas considerações, sejam elas em função dos critérios da metodologia em energia ou por conhecimentos técnicos na área de engenharia civil, foram acrescentadas a este trabalho, tais como energia solar, perda de material orgânico do solo escavado, água e energia elétrica durante a construção da casa. Não foram considerados o custo com a compra do terreno, mão de obra para descarga de materiais na obra (sacos de cimento, areia, tubulações) e demais itens não considerados nos anexos.

3.3. Coleta de Dados

3.3.1. Casa Padrão

Tendo em vista as comparações de materiais e técnicas construtivas propostas neste estudo, torna-se necessário adotar um modelo padrão de casa para comparação, ou seja, a casa padrão de trabalho. Esta casa foi escolhida adotando-se critérios da Norma Brasileira ABNT NBR 12721:2006.

A NBR 12721:2006 estabelece critérios para avaliação de custos unitários, cálculo do rateio de construção e outras disposições correlatas, conforme as disposições fixadas e as exigências estabelecidas na Lei Federal 4.591/64. Seu principal objetivo é descrever e estabelecer os padrões para o cálculo Custo Unitário Básico por metro quadrado de área construída (CUB/m²). O conceito de Custo Unitário Básico, segundo a NBR 12721, é o “custo por metro quadrado de construção do projeto-padrão considerado, calculado de acordo com a metodologia estabelecida

pelos Sindicatos da Indústria da Construção Civil, em atendimento ao disposto no artigo 54 da Lei nº 4.591/64 e que serve de base para a avaliação de parte dos custos de construção das edificações”. O CUB/m² representa o custo parcial da obra e não o global, isto é, não leva em conta alguns custos adicionais, como fundações, contenções, elevadores, equipamentos (fogões, ventiladores, sistema de ar condicionado, etc), taxas e emolumentos cartoriais, projetos, remuneração para incorporador e construtor, etc.

Por definição, os projetos-padrões da NBR 12721 são projetos selecionados para representar os diferentes tipos de edificações, que são usualmente objeto de incorporação para construção em condomínio e conjunto de edificações, definidos por suas características principais: número de pavimentos, número de dependências por unidade, áreas equivalentes à área de custo padrão privativas das unidades autônomas, padrão de acabamento da construção, número total de unidades. Estas características servem de base aos Sindicatos da Indústria da Construção Civil para o cálculo dos custos unitários básicos e para este estudo como base da definição (materiais e métodos construtivos) da casa padrão.

De acordo com a NBR 12721, os projetos-padrão Residenciais utilizados no cálculo do CUB/m² são os apresentados na tabela 3.

Tabela 3 – Projetos-padrão estabelecidos para residências pela NBR 12721:2006.

Padrão Popular	Padrão Baixo	Padrão Normal	Padrão Alto
RP1Q	R1-B	R1-N	R1-A
PIS	PP-B	PP-N	
	R8-B	R8-N	R8-A
		R16-N	R16-A

Destaca-se em cinza escuro a casa padrão adotada nesse estudo e em cinza claro os padrões adotados para comparação.

As características da casa padrão adotada neste estudo são referentes à casa R1-B. Algumas adequações aos materiais são feitas durante o levantamento detalhado da casa, para melhor sensibilidade das etapas de construção e serviços.

A NBR 12721 também define projetos-padrão para edifícios comerciais e galpão industrial, porém os mesmos não são objeto deste estudo.

A caracterização completa dos projetos-padrão residenciais são encontrados na tabela 4.

Tabela 4 – Descrição das unidades familiares, por projeto-padrão, especificadas pela NBR 12721.

Sigla	Nome	Descrição/Composição	Área Real⁽¹⁾ (m²)
RP1Q	Residência unifamiliar popular	1 pavimento, 1 dormitório, sala, banheiro, cozinha	39,56
R1-B	Residência unifamiliar padrão baixo	2 dormitórios, sala, banheiro, cozinha e área para tanque	58,64
R1-N	Residência unifamiliar padrão médio	3 dormitórios (sendo 1 suíte com banheiro), banheiro social, sala, circulação, cozinha, área de serviço com banheiro e varanda (abrigo para automóvel)	106,44
R1-A	Residência unifamiliar padrão alto	4 dormitórios (sendo 1 suite com banheiro e closet), outro com banheiro, banheiro social, sala de estar, sala de jantar e sala íntima, circulação, cozinha, área de serviço completa e varanda (abrigo para automóvel).	224,82
PIS	Residência multifamiliar - Projeto de Interesse Social (Pavimento térreo e quatro pavimentos-tipo)	Pavimento térreo: hall, escada e quatro apartamentos por andar, com dois dormitórios, sala, banheiro, cozinha e área de serviço. Na área externa estão localizados o cômodo da guarita, com banheiro e central de medição. Pavimento-tipo: hall, escada e quatro apartamentos por andar, com dois dormitórios, sala, banheiro, cozinha e área de serviço.	991,45

Tabela 4 – Descrição das unidades familiares, por projeto-padrão, especificadas pela NBR 12721. (continuação)

Sigla	Nome	Descrição/Composição	Área Real ⁽¹⁾ (m ²)
PP-B	Prédio popular - Padrão Baixo (Pavimento térreo e três pavimentos-tipo)	Pavimento térreo: hall de entrada, escada e quatro apartamentos por andar, com dois dormitórios, sala, banheiro, cozinha e área de serviço. Na área externa estão localizados o cômodo de lixo, guarita, central de gás, depósito com banheiro e 16 vagas descobertas. Pavimento-tipo: hall de circulação, escada e quatro apartamentos por andar, com dois dormitórios, sala, banheiro, cozinha e área de serviço.	1415,07
PP-N	Prédio popular - Padrão Normal (Pilotis e quatro pavimentos-tipo)	Pilotis: escada, elevador, 32 vagas de garagem cobertas, cômodo de lixo, depósito, hall de entrada, salão de festas, copa, três banheiros, central de gás e guarita. Pavimento-tipo: hall de circulação, escada, elevadores e quatro apartamentos por andar, com três dormitórios, sendo um suíte, sala de estar/jantar, banheiro social, cozinha, área de serviço com banheiro e varanda.	2590,35
R8-B	Residência multifamiliar - R8 - Padrão Baixo (Pavimento térreo e sete pavimentos-tipo)	Pavimento térreo: hall de entrada, elevador, escada e quatro apartamentos por andar, com dois dormitórios, sala, banheiro, cozinha e área para tanque. Na área externa estão localizados o cômodo de lixo e 32 vagas descobertas. Pavimento-tipo: hall de circulação, escada e quatro apartamentos por andar, com dois dormitórios, sala, banheiro, cozinha e área para tanque.	2801,64
R8-N	Residência multifamiliar - R8 - Padrão Normal (Garagem, pilotis e oito pavimentos-tipo)	Garagem: escada, elevadores, 64 vagas de garagem cobertas, cômodo de lixo, depósito e instalação sanitária. Pilotis: escada, elevadores, hall de entrada, salão de festas, copa, dois banheiros, central de gás e guarita. Pavimento-tipo: hall de circulação, escada, elevadores e quatro apartamentos por andar, com três dormitórios, sendo um suíte, sala de estar/jantar, banheiro social, cozinha, área de serviço com banheiro e varanda.	5998,73

Tabela 4 – Descrição das unidades familiares, por projeto-padrão, especificadas pela NBR 12721. (continuação)

Sigla	Nome	Descrição/Composição	Área Real ⁽¹⁾ (m ²)
R8-A	Residência multifamiliar - R8 - Padrão Alto (Garagem, pilotis e oito pavimentos-tipo)	Garagem: escada, elevadores, 48 vagas de garagem cobertas, cômodo de lixo, depósito e instalação sanitária. Pilotis: escada, elevadores, hall de entrada, salão de festas, salão de jogos, copa, dois banheiros, central de gás e guarita. Pavimento-tipo: hall de circulação, escada, elevadores e dois apartamentos por andar, com quatro dormitórios, sendo um suíte com banheiro e closet, outro com banheiro, banheiro social, sala de estar, sala de jantar e sala íntima, circulação, cozinha, área de serviço completa e varanda.	5917,79
R16-N	Residência multifamiliar - R16 - Padrão Normal (Garagem, pilotis e 16 pavimentos-tipo)	Garagem: escada, elevadores, 128 vagas de garagem cobertas, cômodo de lixo, depósito e instalação sanitária. Pilotis: escada, elevadores, hall de entrada, salão de festas, copa, dois banheiros, central de gás e guarita. Pavimento-tipo: hall de circulação, escada, elevadores e quatro apartamentos por andar, com três dormitórios, sendo um suíte, sala de estar/jantar, banheiro social, cozinha, área de serviço com banheiro e varanda.	10562,07
R16-A	Residência multifamiliar - R16 - Padrão Alto (Garagem, pilotis e 16 pavimentos-tipo)	Garagem: escada, elevadores, 96 vagas de garagem cobertas, cômodo de lixo, depósito e instalação sanitária. Pilotis: escada, elevadores, hall de entrada, salão de festas, salão de jogos, copa, dois banheiros, central de gás e guarita. Pavimento-tipo: halls de circulação, escada, elevadores e dois apartamentos por andar, com quatro dormitórios, sendo um suíte com banheiro e closet, outro com banheiro, banheiro social, sala de estar, sala de jantar e sala íntima, circulação, cozinha, área de serviço completa e varanda.	10461,85

(1) Área real – Área da superfície limitada pelo perímetro externo da edificação, no nível do piso do pavimento correspondente, excluídas as áreas não edificadas (vazios, dutos, shafts). Destaca-se em cinza escuro a casa padrão adotada nesse estudo e em cinza claro os padrões adotados para comparação.

Em conformidade com o descrito na NBR 12721, o enquadramento dos projetos-padrão é definido em alto, normal e baixo, levando em conta, exclusivamente, as considerações de acabamentos. Como base para a definição da casa padrão deste trabalho, foram utilizadas as características de acabamento constantes na tabela 5.

Tabela 5 – Padrões de acabamentos para projetos-padrão residenciais conforme NBR 12721.

Serviço/Local	Alto	Normal	Baixo
Portas Externas e Internas - Sociais/Serviço	Madeira maciça lisa encerada. Batente e guarnição de madeira para cera.	Madeira compensada lisa, com 3,5 cm de espessura, pintura esmalte acetinado fosco. Batente e guarnição de madeira para pintura esmalte.	Madeira, semi-oca, com 3,5cm de espessura, sem pintura de acabamento. Batente de ferro para pintura esmalte.
Fechadura para Portas Internas/Portas de Entradas	Fechadura para tráfego moderado, tipo VI (70 mm), em ferro com acabamento cromo-acetinado.	Fechadura para tráfego moderado, tipo IV (55 mm), em ferro com acabamento cromado.	Fechadura para tráfego moderado, tipo II (40 mm), em zamak.
Janelas e Basculantes	Alumínio anodizado bronze, perfis linha 30, com vidro liso/ fantasia 4 mm.	Alumínio anodizado cor natural, padronizado, perfis linha 25, com vidro liso/ fantasia 4 mm.	Esquadria de ferro de chapa dobrada nº 18, para pintura esmalte sintético, com vidro liso/ fantasia 4 mm.
Janela de Ferro	Perfil de chapa dobrada nº 20, com tratamento em fundo anticorrosivo e acabamento em pintura esmalte brilhante.	Perfil de chapa dobrada nº 20, com tratamento em fundo anticorrosivo e acabamento em pintura esmalte brilhante.	Perfil de chapa dobrada nº 20, com tratamento em fundo anticorrosivo e acabamento em pintura esmalte brilhante.
Peitoris	Granito cinza Mauá e = 2 cm com pingadeira.	Concreto	Concreto
Impermeabilização de pisos de banheiros, cozinhas, lajes e áreas de serviço	Argamassa, cimento e areia, e pintura com tinta de base betuminosa.	Argamassa, cimento e areia, e pintura com tinta de base betuminosa.	Argamassa, cimento e areia, e pintura com tinta de base betuminosa.
Impermeabilização de lajes de cobertura, cobertura da casa de máquinas.	Manta asfáltica pré-fabricada.	Manta asfáltica pré-fabricada.	Manta asfáltica pré-fabricada.
Impermeabilização de caixa d' água	Argamassa rígida.	Argamassa rígida.	Argamassa rígida.

Tabela 5 – Padrões de acabamentos para projetos-padrão residenciais conforme NBR 12721.
(continuação)

Serviço/Local	Alto	Normal	Baixo
Acessórios sanitários de banheiros	Bacia sanitária com caixa acoplada e cuba em louça de cor-modelo especial. Metais de luxo (água quente e fria); ducha manual. Bancada de granito cinza Mauá e = 3 cm com cuba de louça em cor. Acessórios de justapor de luxo.	Bacia sanitária com caixa acoplada e cuba em louça de cor-modelo simples. Metais simples (água quente e fria). Bancada de mármore branco e = 2 cm com cuba de louça em cor. Acessórios de justapor simples.	Bacia sanitária com caixa de descarga não acoplada. Metais simples (água fria). Lavatório de louça branca sem coluna. Acessórios de embutir de louça branca.
Acessórios sanitários de cozinha	Bancada de granito/ cuba de inox/ metais de luxo (água quente e fria).	Bancada de mármore branco, medida padronizada / cuba simples de inox/ metais cromados simples (água fria).	Bancada de mármore sintético com cuba de mármore sintético e metais simples (água fria).
Acessórios sanitários de áreas de serviço	Tanque de louça de luxo/ metais cromados de luxo.	Tanque de louça simples sem coluna / metais cromados simples.	Tanque de mármore sintético / metais simples.
Acessórios sanitários de banheiro de empregada	Lavatório de louça colorida com coluna. Metais cromados simples (água fria). Bacia sanitária colorida com caixa acoplada. Acessórios de justapor simples.	Lavatório de louça colorida sem coluna. Metais cromados simples (água fria). Bacia sanitária colorida com caixa acoplada. Acessórios de justapor simples.	Lavatório de louça branca sem coluna. Metais simples (água fria). Bacia sanitária branca com caixa de descarga não acoplada. Acessórios de embutir de louça simples.
Pisos e rodapés de salas, quartos e circulação	Frisos de madeira (tábua corrida) raspados e resinados.	Placa cerâmica esmaltada 40 cm x 40 cm PEI IV	Cerâmica esmaltada 20 cm x 20 cm PEI III
Pisos e rodapés de banheiros	Placa cerâmica esmaltada 30 cm x 30 cm PEI V	Placa cerâmica esmaltada 20 cm x 20 cm PEI III	Placa cerâmica esmaltada 20 cm x 20 cm PEI III
Pisos e rodapés de cozinha e área	Placa cerâmica esmaltada 30 cm x 30 cm PEI V	Placa cerâmica esmaltada 30 cm x 30 cm PEI IV	Placa cerâmica esmaltada 20 cm x 20 cm PEI III
Pisos e rodapés de wc empregada	Placa cerâmica esmaltada 30 cm x 30 cm PEI V	Placa cerâmica esmaltada 20 cm x 20 cm PEI III	Placa cerâmica esmaltada 20 cm x 20 cm PEI III

Tabela 5 – Padrões de acabamentos para projetos-padrão residenciais conforme NBR 12721.
(continuação)

Serviço/Local	Alto	Normal	Baixo
Pisos e rodapés de quarto de empregada ou depósito	Placa cerâmica esmaltada 30 cm x 30 cm PEI V	Placa cerâmica esmaltada 20 cm x 20 cm PEI III	Placa cerâmica esmaltada 20 cm x 20 cm PEI III
Pisos e rodapés de pilotis	Lajota de pedra São Tomé 40 cm x 40 cm	Ladrilho de pedra ardósia 40 cm x 40 cm	Cimentado desempenado
Pisos e rodapés de escadas	Cimentado antiderrapante	Cimentado antiderrapante	Cimentado antiderrapante
Pisos e rodapés de hall de entrada (portaria)	Granito cinza Mauá 1,5 cm	Ladrilho de pedra ardósia	Ladrilho de pedra ardósia
Pisos e rodapés de hall de pavimentos	Granito cinza Mauá 1,5 cm	Ladrilho de pedra ardósia	Ladrilho de pedra ardósia
Revestimento Interno - paredes de salas, quartos e circulação	Chapisco e massa única	Chapisco e massa única	Chapisco e massa única
Revestimento Interno - paredes de cozinha, área e banheiros	Placa cerâmica (azulejo) de dimensões 20 cm x 20 cm, PEI II, em cor clara.	Placa cerâmica (azulejo) de dimensões 20 cm x 20 cm, PEI II, em cor clara.	Placa cerâmica (azulejo) de dimensões 15 cm x 15 cm, PEI II, em cor clara.
Revestimento Interno - paredes de hall de entrada e hall de pavimentos	Chapisco e massa única	Chapisco e massa única	Chapisco e massa única
Revestimento Interno - paredes de banheiro de empregada	Placa cerâmica (azulejo) de dimensões 15 cm x 15 cm, PEI III, em cor clara.	Placa cerâmica (azulejo) de dimensões 15 cm x 15 cm, PEI III, em cor clara.	Placa cerâmica (azulejo) de dimensões 15 cm x 15 cm, PEI III, em cor clara.
Revestimento Interno - tetos - salas, quartos e circulação, cozinha e área	Chapisco e massa única	Chapisco e massa única	Chapisco e massa única
Revestimento Interno - tetos - banheiros	Forro de placas de gesso	Forro de placas de gesso	Forro de placas de gesso
Revestimento Interno - tetos - banheiro de empregada	Forro de placas de gesso	Forro de placas de gesso	Forro de placas de gesso

Tabela 5 – Padrões de acabamentos para projetos-padrão residenciais conforme NBR 12721.
(continuação)

Serviço/Local	Alto	Normal	Baixo
Revestimento Interno - tetos - hall de entrada e hall de pavimentos	Forro de placas de gesso	Forro de placas de gesso	Forro de placas de gesso
Revestimento Externo - fachada principal	Chapisco, massa única, pastilha vitrificada de 5 cm x 5 cm	Chapisco, massa única, textura acrílica; cerâmica de 10 cm x 10 cm, em 35% da fachada.	Chapisco, massa única e tinta à base de PVA.
Revestimento Externo - fachada secundária	Chapisco, massa única, textura acrílica; pastilha vitrificada de 5 cm x 5 cm, em 35% da fachada.	Chapisco, massa única, textura acrílica.	Chapisco, massa única e tinta à base de PVA.
Cobertura - telhado com madeiramento	Chapa ondulada de fibrocimento 6 mm, com estrutura de madeira .	Chapa ondulada de fibrocimento 6 mm, com estrutura de madeira.	Chapa ondulada de fibrocimento 6 mm, com estrutura de madeira.
Pintura de tetos em salas, quartos, quarto de empregada, circulação	Tinta acrílica sobre massa corrida	Tinta à base de PVA sobre massa corrida	Tinta à base de PVA
Pintura de tetos em banheiros, cozinha, área de serviço	Tinta acrílica sobre massa corrida	Tinta à base de PVA sobre massa corrida	Tinta à base de PVA
Pintura de tetos em escadas	Tinta à base de PVA	Tinta à base de PVA	Tinta à base de PVA
Pintura de tetos em portaria e hall dos pavimentos	Tinta acrílica	Tinta à base de PVA sobre massa corrida	Tinta à base de PVA
Pintura de tetos em pilotis	Tinta acrílica	Tinta à base de PVA	Tinta à base de PVA
Pintura de paredes em salas, quartos, quarto de empregada, circulação	Tinta acrílica sobre massa corrida	Tinta à base de PVA sobre massa corrida	Tinta à base de PVA
Pintura de paredes em escadas	Pintura texturizada	Pintura texturizada	Pintura texturizada
Pintura de paredes em portaria e hall dos pavimentos	Tinta acrílica	Tinta à base de PVA sobre massa corrida	Tinta à base de PVA

Especificações detalhadas sobre métodos executivos e materiais utilizados na tabela acima podem ser obtidos na NBR 12721, item 8.2.1.1, assim como os materiais de acabamentos padronizados para habitações de padrão popular.

A NBR 12721 apresenta uma lista de materiais, despesas administrativas, mão de obra e estimativas de consumos denominada como lotes básicos de insumos por m² de construção. Este critério não foi utilizado no cálculo em emergência das casas e das suas substituições, em virtude de seu restrito detalhamento, sendo substituído pela utilização das Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos TCPO (TCPO, 2008), conforme descrito no item 3.2.2. No capítulo 5, buscando expandir as discussões quanto a forma da edificação e a qualidade (padrão baixo e normal), os valores existentes nas tabelas da ABNT são calculados.

3.3.2. Levantamento da quantidade de recursos

Para o cálculo do quantitativo de recursos empregado em cada etapa da casa, utiliza-se da Tabela de Composições de Preços para Orçamentos, TCPO (TCPO, 2008). A TCPO constitui a principal referência para a preparação de orçamentos de obras no Brasil. A primeira edição foi lançada em 1955 e, desde então, os profissionais do setor têm acesso a um conteúdo confiável de dados e informações para estimar os consumos de materiais e de mão-de-obra necessários para execução dos serviços de construção.

A versão utilizada para este estudo (TCPO, 2008) é a 13^a edição, de 2008, onde são descritos composições, insumos, critérios de medição, procedimentos executivos e demais observações para um determinado serviço. Por definição da TCPO: a) Composições – são serviços de obras que necessitam de insumos para se efetivarem. São apresentadas ao longo do livro composições por unidade de serviço; b) Insumos – são itens como materiais, mão de obra e equipamentos que fazem parte da composição deste serviço. Os insumos possuem uma unidade de medida e um coeficiente de consumo adequado para cada serviço; c) Coeficiente – consumo apresentado para cada insumo inserido na composição; d) Conteúdo do serviço – descreve as atividades que estão sendo consideradas no serviço para obtenção do coeficiente; e) Critério de medição – indica como mensurar o quantitativo de serviços usado no orçamento. Os critérios adotados são compatíveis com os coeficientes apresentados. Num estudo englobando produções em larga escala de casas, alguns ajustes nos coeficientes da TCPO são necessários, porém não são adotados neste estudo.

O estudo de cada casa é executado dividindo-se a construção em 10 etapas (vide item 3.2. deste trabalho), e, posteriormente, cada etapa em atividades correlatas, aqui chamadas de serviços, conforme necessidades identificadas e tabelas de consumos fornecida pela TCPO.

A figura 6 mostra um diagrama de como as tabelas de cálculos serão apresentadas nos anexos. Primeiramente, será apresentada uma tabela com o total em emergia para a construção da casa (vide tabela 6 como exemplo). Depois, há uma tabela contendo a quantidade de recursos necessários por etapa de construção (vide tabela 7 como exemplo). Em seguida é apresentada uma tabela com a quantidade de recursos para uma etapa, dividido por serviços (vide tabela 8 como exemplo). Estes serviços podem ir do número 1 até o número “n”, sendo “n” o último serviço daquela etapa.



Figura 6 – Diagrama representando a forma como os cálculos são apresentados nos anexos.

A seguir, tem-se um exemplo didático dos cálculos realizados e da forma de apresentação dos mesmos. Alerta-se que os dados abaixo não fazem parte deste trabalho e estão alocados aqui apenas como exemplo.

Supondo-se o cálculo do Anexo B.1 Casa Padrão e que os recursos aqui chamados de recurso 1, recurso 2, recurso 3, sejam para as tabelas 6, 7 e 8, sempre recurso 1 = madeira, recurso 2 = gesso, recurso 3 = mão de obra, tem-se:

A 1ª tabela (vide tabela 6) resume todos os recursos utilizados na casa e os mensura em emergia. A 1ª coluna tem o nome dos recursos; 2ª coluna - a unidade do levantamento (conforme adequação feita aos resultados da TCPO); 3ª coluna - a quantidade total dos recursos (calculada com base na TCPO e nas necessidades para conversão em emergia), somando-se as 10 etapas da obra; 4ª coluna – a unidade da

emergia por unidade (dados da literatura); 5ª coluna - a emergia por unidade (dados da literatura); 6ª coluna – a emergia (produto da emergia por unidade pela quantidade do recurso – produto da 3ª coluna pela 5ª coluna); 7ª coluna - fonte (bibliografia utilizada para a emergia por unidade e a sua correspondente unidade).

Tabela 6 – Modelo de tabela geral em emergia, para uma casa, agregando os valores da tabela 7 e adequando-os para emergia.

Recurso	Unidade do levantamento	Quantidade Total dos recursos (un.)	Unidade da Emergia por unidade (sej/un.)	Emergia por unidade (sej/un.)	Emergia (sej)	Fontes (*)
Recurso 1	kg	7,12E+02	sej/kg	6,97E+12	4,96E+15	1
Recurso 2	kg	9,41E+02	sej/kg	7,75E+11	7,29E+14	11
Recurso 3	J	3,58E+06	sej/J	2,13E+13	7,63E+19	1

A 2ª tabela (conforme tabela 7), apresenta a somatória de recursos utilizados na casa e a contribuição por cada etapa da construção. A 1ª coluna tem o nome dos recursos; 2ª coluna - a unidade do levantamento (conforme adequação feita aos dados da TCPO); 3ª coluna - a quantidade dos recursos total (calculada com base na TCPO e nas necessidades para conversão em emergia), somando-se as 10 etapas da obra; 4ª à 13ª coluna – quantidade dos recursos por etapa de obra.

Tabela 7 – Modelo de tabela geral para quantidade de recursos empregados por etapa de obra.

Recurso	Un	Quantidade Total dos recursos	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5	Etapa 6	Etapa 7	Etapa 8	Etapa 9	Etapa 10
Recurso 1	kg	7,12E+02	7,12E+02	0,00E+00								
Recurso 2	kg	9,41E+02	8,06E+02	1,50E+01								
Recurso 3	J	3,68E+06	3,58E+06	0,00E+00	1,00E+05	0,00E+00						

Etapa 1 – Instalações iniciais

A tabela 8 presente a Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 1. 1ª coluna tem o nome do recurso; 2ª coluna a unidade do levantamento; 3ª coluna – a quantidade de recursos para aquela etapa - soma de todos os serviços necessários; 4ª coluna – quantidade dos recursos por serviço nesta etapa da obra. Neste exemplo a etapa 1 tem apenas 1 serviço. Para etapas com mais serviços, são acrescentadas mais colunas a direita (5ª em diante) e os serviços são locados em ordem crescente nestas.

Tabela 8 – Modelo de tabela para cada etapa, dividida por serviços realizados.

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos para etapa 1	Serviço 1
Recurso 1	kg	7,12E+02	7,12E+02
Recurso 2	kg	8,06E+02	8,06E+02
Recurso 3	J	3,58E+06	3,58E+06

Serviço 1 – etapa 1 – Descrição da etapa conforme TCPO (TCPO – pg.xx – item xxxxx.y.z.n).

Para este exemplo é considerada área de alvenaria em gesso.

Estimativa de comprimento necessário: Banheiro = 2m; Cozinha = 1,8m

Altura estimada para banheiro e cozinha = 2m

Total = Perímetro do Banheiro x altura do banheiro + Perímetro da cozinha x altura da cozinha = 2,0m x 2m + 1,8m x 2m = 7,6 m².

Para um total de 7,6m² de alvenaria de gesso e coeficientes de consumo da TCPO, tem-se: 3,42 hh de Ajudante de Pedreiro; 3,42 hh de Pedreiro; 38 m de viga de madeira jacarandá de 25mm de espessura e 50cm de largura; 11,4 blocos de gesso.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em emergia tem-se:

Recurso 1 – Madeira: 1m de madeira jacarandá, nas dimensões de 50cm de largura e 25mm de espessura possui volume de 0,0125m³. Adotando-se uma densidade de 1500kg/m³, tem-se uma massa de 18,75kg por m. Como tem-se 38m, 38x18,75kg = 712,5kg.

Recurso 2 – Gesso: Adotando-se que 1 unidade do bloco de gesso possui 70,7kg, tem-se 11,4 unidades x 70,7 kg = 805,98kg.

Recurso 3 –Mão de obra : Horas trabalhadas do pedreiro + Horas do ajudante = 3,42 + 3,42 = 6,84 h. Energia = 6,84h x 125 kcal/h x 4186 J/kcal = 3,58E+06 J.

Obs.: a definição dos recursos Madeira, Gesso e Mão de obra foram apenas para o exemplo dado, devendo ser desconsiderados para os demais cálculos deste trabalho.

Este procedimento é seguido para os demais serviços e etapas da obra.

3.4. Descrição dos resultados do estudo

Após a apresentação da metodologia de contabilidade ambiental, da divisão por etapas de uma construção e dos critérios de levantamento dos dados, os seguintes estudos serão realizados:

- 1) Cálculo em energia da casa padrão, definida a partir da NBR 12721, com os coeficientes da TCPO.
- 2) Cálculo em energia da substituição de sete materiais durante a execução da casa, sendo três para a etapa 4 – fechamentos internos e externos (substituição do tijolo baiano pelas alternativas: bloco de concreto, bloco de concreto reciclado com borracha de pneu, bloco de gesso), duas para a etapa 7 (substituição das esquadrias mistas de madeira e ferro por esquadrias exclusivamente de madeira e esquadrias de PVC) e duas para a etapa 5 (substituição da cobertura em telhas de fibrocimento para cobertura com telhas cerâmicas e em telhas de PVC). Os valores em energia destas substituições são comparados aos valores da casa padrão.
- 3) Cálculo da casa modificada com menor valor total em energia, após discussão das sete alternativas propostas.
- 4) Discussão expandida para os valores encontrados quando são empregados outros fatores externos aos estudados. (capítulo 5)
- 5) Cálculo dos indicadores. (capítulo 5)

4. Resultados e Discussão

4.1. Definição dos materiais utilizados na casa padrão

Diante dos critérios apresentados pela NBR 12721, dos conhecimentos em construção civil e da TCPO, definiram-se os seguintes materiais para cada etapa da casa padrão deste estudo. O tempo de execução para esta casa é 120 dias. A planta da casa, com cotas e perspectivas encontra-se no Anexo D.

Etapa 1 – Canteiro de Obras e Serviços Preliminares

- Abrigo provisório em madeira, utilizando chapa compensada resinada (maderit) com espessura de 12mm, vigas de peroba, tábuas e pontaltes de cedrinho, telhas de fibrocimento.
- Locação de obra em madeira da espécie cedro.

Etapa 2 – Fundações

- Vigas baldrame de concreto com forma executada em madeira da espécie cedro.
- Estacas tipo broca manual de concreto.

Etapa 3 – Superestrutura

- Pilares executados em concreto com forma de madeira tipo cedro.
- Piso de concreto.

Etapa 4 – Fechamentos Internos e Externos

- Alvenaria de bloco cerâmico furado.

Etapa 5 – Cobertura

- Estrutura de madeira na espécie peroba.
- Telhas de fibrocimento com espessura de 6mm.
- Cumeeira e rufo em fibrocimento.
- Calha em chapa de aço galvanizado n°26.

Etapa 6 – Revestimento Grosso e Impermeabilização

- Impermeabilização do piso com pintura asfáltica.
- Forro Gesso em placas acartonadas.
- Chapisco, emboço e massa única (reboco) de cimento e areia.

Etapa 7 – Esquadrias

- Janelas de ferro e vidro.
- Portas com batente em ferro e folhas em madeira.

Etapa 8 – Revestimento Fino e Acabamentos

- Pintura PVA em paredes internas e externas sob massa única.
- Pintura esmalte nas esquadrias metálicas.
- Azulejo de 15x15 cm.
- Piso cerâmico de 30x30 cm.

Etapa 9 – Instalações Hidráulicas

- Tubulação de $\frac{3}{4}$ incluindo conexões em PVC marrom para água fria.
- Registros de gaveta com canopla.
- Tubulação de 4" incluindo conexões em PVC branco para esgoto.
- Tubulação de 4" incluindo conexões em PVC branco para água pluvial.

Etapa 10 – Instalações Elétricas

- Tubulação em eletroduto rígido de PVC 1".
- Cabinho flexível de 2,5mm² para circuitos de iluminação e tomadas.

4.2. Contabilidade em energia da casa padrão

4.2.1. Diagrama de Energia dos Sistemas

O diagrama da casa utilizada neste estudo é mostrado na figura 7. Nesse diagrama são avaliadas todas as etapas consideradas para a construção da casa até a sua entrega para uso. A construção é representada como uma interação (vide metodologia em energia) e inclui todos os materiais, mão de obra, energia e água necessários. Os fluxos que interagem durante o tempo da construção formam um depósito. A energia acumulada nesta fase, em forma de material, estrutura e parte construtiva, representa uma memória que deve ser mantida constante, no tempo, através da manutenção.

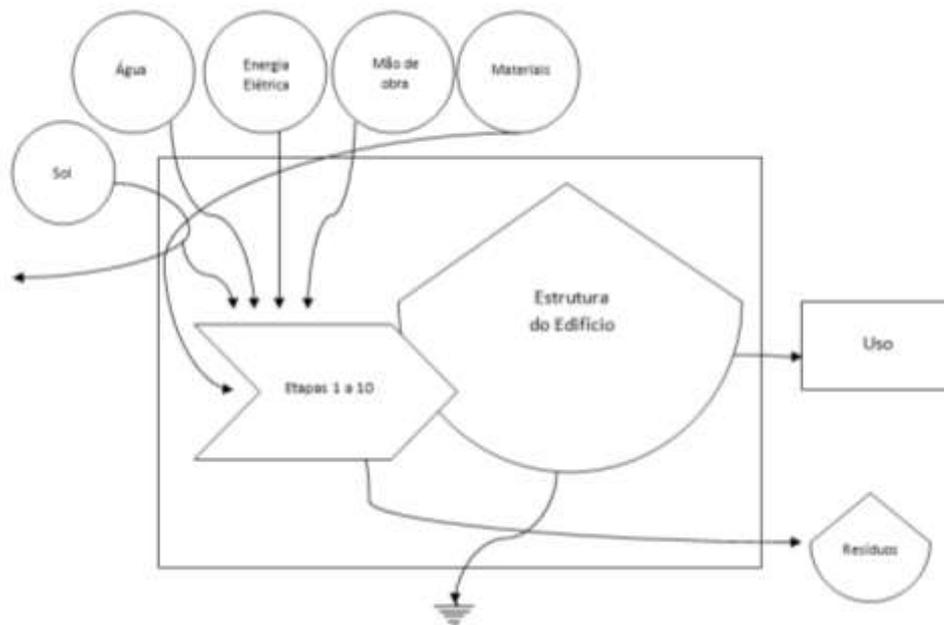


Figura 7 – Diagrama de energia dos sistemas para a construção de uma casa. As fontes de energia solar, água, energia elétrica, mão de obra e materiais são considerados os recursos investidos na construção e são detalhados e calculados em cada tabela de energia.

A interação do sistema começa sobre o terreno disponibilizado para a obra e com a entrada dos materiais. Sobre esta é instalado o canteiro de obra e em seguida iniciados os serviços. Dentro desta interação temos as entradas de fluxos de energia do sol, água, energia elétrica e mão de obra, que controlam a interação dos materiais, ordenando-os (Meillaud et al, 2005). A medida que esta interação ocorre, surge o edifício (edifício é uma construção com finalidade de abrigar atividade humanas, sejam elas habitacionais, culturais, de serviços ou industriais), na forma de um estoque de todas as entradas feitas durante a interação. Durante a interação temos a saída dos resíduos (restos de materiais, desperdícios, entre outros) e a liberação para uso.

4.2.2. Tabela de Energia

Com base nas etapas, nos recursos e no diagrama descritos acima, é possível apresentarmos a tabela geral em energia (tabela 9) da construção desta casa.

Tabela 9 – Tabela geral em energia para a casa padrão.

Item	Descrição	Un.	Quantidade (unidade / tempo de obra) (*)	Energia Unidade / Transformidade (sej/un.) (*)	Energia (sej)	% do total de energia (sej/sej)	Ref. (**)
Recurso							
1	Areia	kg	2,71E+04	1,68E+12	4,55E+16	22,44%	4
2	Argila	kg	9,03E+03	4,80E+12	4,33E+16	21,38%	1
3	Pedra	kg	1,95E+04	1,68E+12	3,27E+16	16,13%	4
4	Cimento/Fibrocimento	kg	8,43E+03	3,04E+12	2,56E+16	12,65%	2
5	Material Orgânico do Solo	J	1,49E+10	1,24E+06	1,85E+16	9,12%	9
6	Cerâmica Esmaltada	kg	1,09E+03	5,14E+12	5,62E+15	2,77%	11
7	Aço	kg	6,42E+02	6,97E+12	4,47E+15	2,21%	1
8	Madeira	kg	2,91E+03	8,79E+11	2,56E+15	1,26%	7
9	Tinta	kg	8,74E+01	2,55E+13	2,23E+15	1,10%	1
10	Cobre	kg	9,97E+00	1,04E+14	1,04E+15	0,51%	6
11	PVC	kg	1,01E+02	9,86E+12	9,94E+14	0,49%	1
12	Emulsão Asfáltica	kg	3,90E+01	2,55E+13	9,94E+14	0,49%	1
13	Cal	kg	5,85E+02	1,68E+12	9,82E+14	0,48%	4
14	Energia Elétrica	J	2,23E+09	2,69E+05	6,00E+14	0,30%	7
15	Gesso	kg	9,25E+01	3,29E+12	3,04E+14	0,15%	8
16	Ferro	kg	1,85E+01	6,97E+12	1,29E+14	0,06%	1
17	Desmoldante	kg	2,88E+00	2,55E+13	7,33E+13	0,04%	1
18	Plástico	kg	1,07E+01	5,75E+12	6,14E+13	0,03%	7
19	Vidros	kg	3,79E+01	1,41E+12	5,34E+13	0,03%	5
20	Água	m ³	3,11E+01	7,75E+11	2,41E+13	0,01%	7
21	Energia Solar	J	2,54E+08	1,00E+00	2,54E+08	<0,01%	10
22	Estanho	kg	4,46E-01	6,97E+12	3,11E+12	<0,01%	1
Serviços Humanos							
23	Mão de obra	J	1,36E+09	1,24E+07	1,69E+16	8,33%	3
Energia Total					2,03E+17		

(*) Todas as quantidades para cada um destes Recursos/Mão de Obra encontram-se no anexo B.1. deste estudo.

(**) Todas as transformidades ou energias por unidade utilizadas e as suas respectivas referências encontram-se no Anexo A deste estudo.

O fluxo total de energia para a casa padrão é de $2,03 \times 10^{17}$ sej. Materiais considerados básicos para a construção civil se destacam com grandes percentuais de representatividade no total em Energia. Areia, Argila, Pedra e Cimento representam, respectivamente 22,44%, 21,38%, 16,13% e 12,65% do total de energia da casa. A soma destes quatro materiais chega a aproximadamente 72,60% de toda a energia da casa. A análise gráfica (figura 8) da porcentagem em energia dos principais recursos utilizados permite a observação do alto teor de concentração dos quatro recursos (Areia, Argila, Pedra e Cimento) seguidos pelo material orgânico perdido pelo solo (devido à estimativa de 20cm de solo a ser retirado antes do início

da construção - raspagem do terreno) e pela mão de obra. Nota-se que a área mais clara da figura 8, que representa os dezessete recursos utilizados na construção da casa, totaliza apenas 10% do total em emergia.

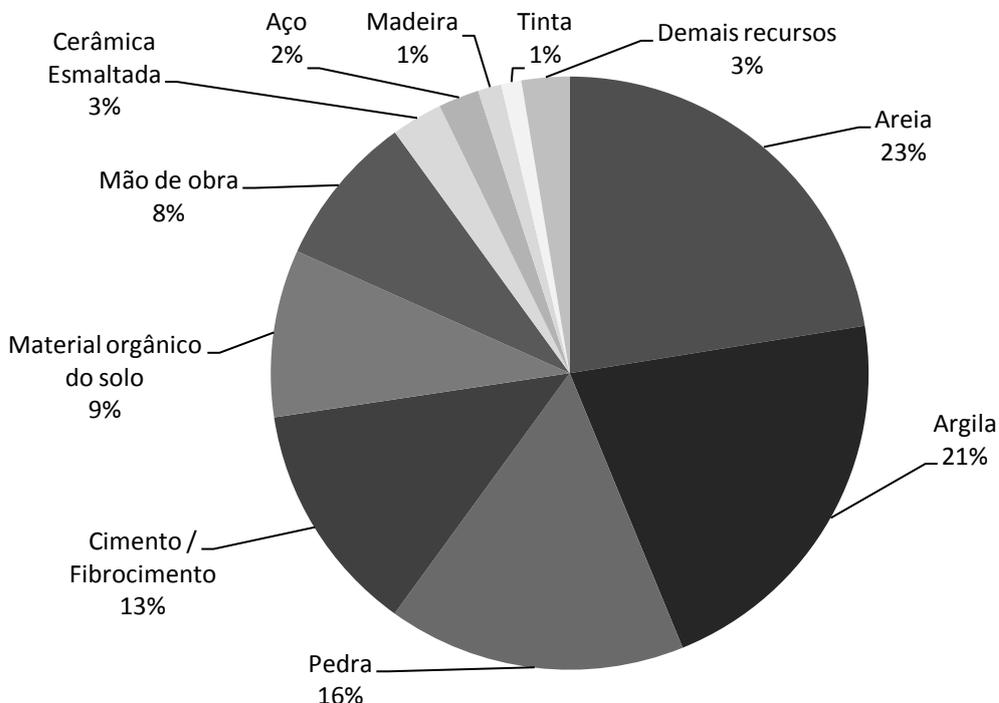


Figura 8 – Gráfico da porcentagem em emergia dos recursos utilizados para a construção da casa padrão. Dados para a elaboração do gráfico são encontrados na tabela 9.

Os recursos utilizados na construção da casa padrão estão divididos nas dez etapas executivas da obra. A figura 9 apresenta a distribuição dos seis principais recursos nas etapas.

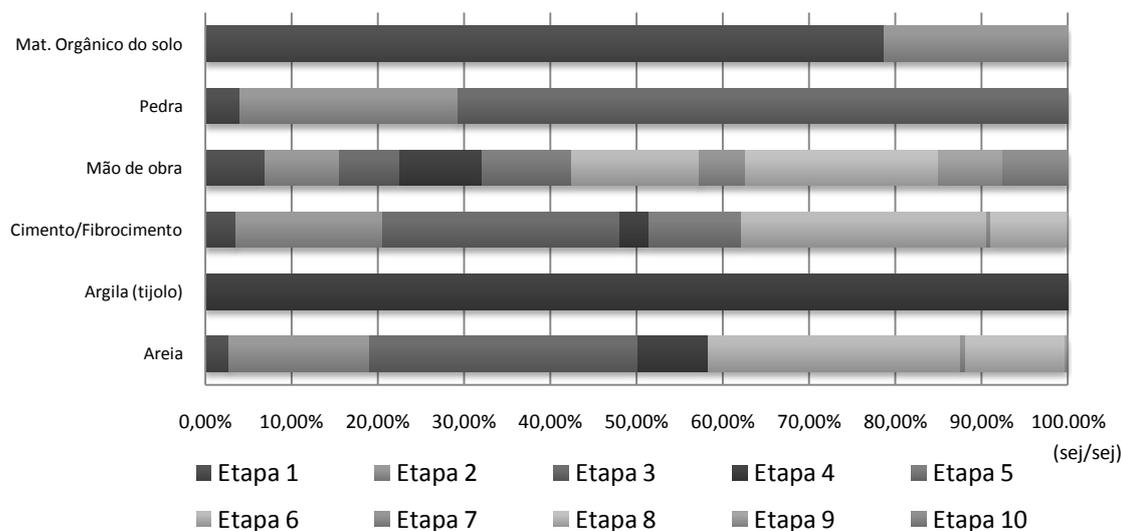


Figura 9 – Gráfico da porcentagem em emergia dos seis recursos mais utilizados por etapa.

Para os recursos com maior representatividade na análise em energia, destaca-se que a areia está majoritariamente presente nas etapas 2, 3, 4, 6 e 8, que são, respectivamente, fundação, estrutura, fechamentos internos e externos, revestimento grosso e revestimento fino. A argila, presente unicamente na etapa 4, fechamentos internos e externos, é responsável pelos tijolos de vedação da casa. O cimento, encontra-se prioritariamente nas etapas 2, 3, 5, 6 e 8; sua representatividade elevada na etapa 5 é em virtude de ser considerado o material básico para a fabricação das telhas de fibrocimento; apesar de possuir uma porcentagem nas etapas 9 e 10, em virtude do tamponamento das aberturas feitas para passagem das instalações de hidráulica e elétrica, podemos considerar não representativa a sua participação nestas etapas. A pedra, já possui mais de 95% de sua energia total em apenas duas etapas, a de fundação e a de estrutura. O material orgânico do solo está presente apenas nas duas etapas iniciais, visto a raspagem necessária do terreno para início das obras e a retirada de terra para execução da fundação da casa.

A mão de obra, responsável por aproximadamente 8% de toda a energia da construção de uma casa, possui relativo equilíbrio em cada uma das etapas, e pode ser considerada o único recurso, dos seis mais representativos, a estar presente em todas as etapas. Sua participação é mais presente nas etapas de revestimento (grosso e fino/acabamentos) em função dos diversos serviços que ocorrem dentro desta etapa, como chapisco, reboco e assentamento de revestimentos cerâmicos.

Visto o desempenho dos principais recursos em cada uma das etapas da obra, avalia-se a participação em energia de cada uma delas. A figura 10 apresenta estes dados.

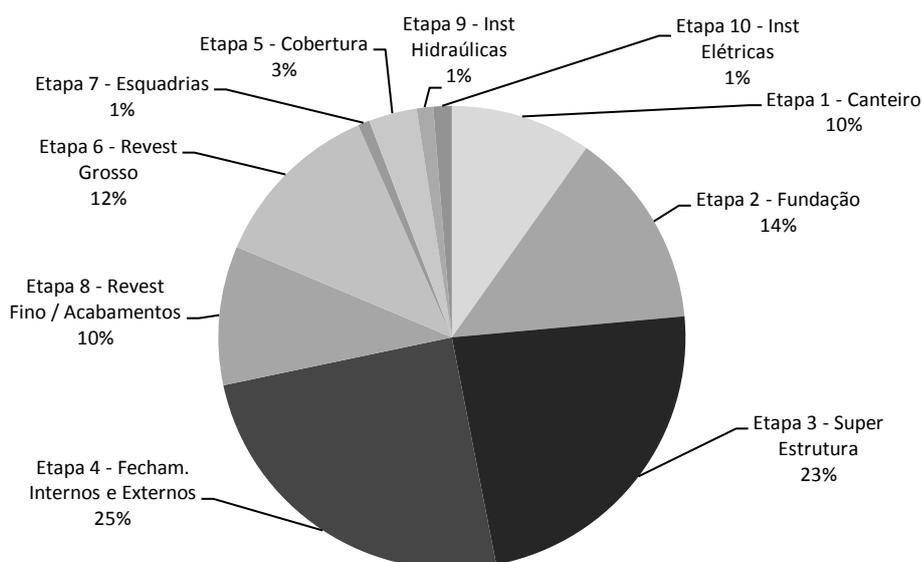


Figura 10 – Gráfico da porcentagem em energia por etapa da construção da casa padrão. Dados para a elaboração do gráfico são encontrados na tabela E.1.

Analisando-se as etapas da construção da casa, através do gráfico na figura 10, destaca-se que as duas etapas mais representativas na construção da casa (em tonalidade mais escura), são fechamentos internos e externos e super estrutura, que, somadas, correspondem a aproximadamente 48% de toda a energia da casa. As etapas de instalações e esquadrias representam apenas 1 % cada uma.

Em estudo realizado com Energia Incorporada (Guimarães, 1985), para a construção de casas e prédio populares, não há uma divisão em tantas etapas de obra, porém a etapa de paredes, no estudo em Energia, demonstra ser esta a etapa que mais concentra Energia em sua composição.

Após a análise detalhada da casa padrão, através da locação dos recursos em energia nas etapas da obra e da participação de cada um desses recursos no valor total em energia da casa, efetuam-se mudanças em alguns recursos, conforme sequência deste trabalho.

4.3. Contabilidade em energia para a construção de casas com mudança em alguns recursos

No intuito de avaliar a sustentabilidade das casas, objetivando neste momento alcançar-se um valor total em energia menor do que o encontrado para a casa padrão, substitui-se os seguintes recursos:

- para os fechamentos internos e externos, substitui-se o tijolo da casa padrão por blocos de concreto, blocos de concreto com agregado reciclado e blocos de gesso;
- para as esquadrias, substitui-se o sistema misto de ferro/madeira da casa padrão por esquadrias de madeira e de PVC;
- para a cobertura, substitui-se o telhado de fibrocimento pelo telhado de telhas cerâmicas e de PVC;
- para a mão de obra geral da casa, adotam-se coeficientes máximos e mínimos de produtividade, visando avaliar a sensibilidade destes.

O tempo de execução para as casas abaixo propostas, também é de 120 dias.

4.3.1. Fechamentos internos e externos – Substituição do tijolo pelas opções: bloco de concreto, bloco de concreto com agregado reciclado, bloco de gesso

A argila, material básico para a fabricação dos tijolos baianos, representa cerca de 21% de toda a energia para a construção da casa padrão. Além disso, a etapa 4, Fechamentos internos e externos, é a mais representativa entre as dez etapas da

construção da casa. Nesta 1ª substituição de material, os tijolos serão substituídos em sua totalidade por blocos de concreto, com mesma espessura, e uma nova análise da energia total da casa é executada. Os blocos de concreto possuem menor isolamento acústico e térmico do que os tijolos baianos, porém neste momento não será analisada a questão de conforto ambiental e acústico da casa. Ressalta-se que, para a substituição deste material, apenas a etapa 4 sofre mudanças e que as demais etapas permanecem iguais.

Pela tabela 10, percebe-se que o valor total da energia para a casa substituição 1 é aproximadamente 13% menor do que o valor encontrado para a casa padrão.

Tabela 10 – Resumo do valor total em energia da casa substituição 1 e da casa padrão. Substituição do tijolo baiano (casa padrão) pelo bloco de concreto.

Descrição da Casa	Energia total da casa (sej) (*)
Casa Padrão (tijolos)	2,03E+17
Casa Substituição 1 (blocos de concreto)	1,76E+17

(*) Todas as quantidades para cada um destes materiais e a tabela geral em energia encontram-se no anexo B.1. e B.2. deste estudo.

Os materiais mais representativos em energia nesta mudança são: areia, pedra e cimento. Estes materiais são os que compõem o bloco utilizado, justificando assim o aumento proporcional destes na obra. A mão de obra praticamente não se altera na mudança do serviço.

A 2ª alteração realizada é a substituição do tijolo pelo bloco de concreto reciclado (Fioritti et al, 2010). O bloco de concreto reciclado possui a borracha da banda de rodagem dos pneus como agregado em sua moldagem. Devido ao processo de recauchutagem dos pneus, as bandas de rodagem tornam-se resíduos. Infelizmente não foi possível encontrar a energia por unidade da borracha de pneu reciclada. Desta forma utilizou-se a energia por unidade do plástico reciclado, retirado de Buranakarn (Buranakarn, 1998). Quando este bloco de concreto reciclado é utilizado, apenas a etapa 4, fechamentos internos e externos, sofre mudança em sua composição de recursos.

Na tabela 11, percebe-se que o valor total da energia para a casa substituição 2 é aproximadamente 5% menor do que o valor encontrado para a casa padrão.

Tabela 11 – Resumo do valor total em energia da casa substituição 2 e da casa padrão. Substituição do tijolo baiano (casa padrão) pelo bloco de concreto reciclado.

Descrição da Casa	Energia total da casa (sej) (*)
Casa Padrão (tijolos)	2,03E+17
Casa Substituição 2 (blocos de concreto reciclado)	1,94E+17

(*) Todas as quantidades para cada um destes materiais e a tabela geral em energia encontram-se nos anexos B.1. e B.3. deste estudo.

Os materiais mais representativos em energia nesta mudança são: areia, pedra e cimento. Porém, surge a borracha reciclada como sendo um material com uma representatividade de 11,57% no valor total da casa. A energia por unidade deste material é maior em função dos processos de reciclagem envolvidos (Buranakarn, 1998), porém a sua utilização é uma forma de diminuir o acúmulo de resíduos deste material; afinal, no Brasil, a recauchutagem de pneus atinge 70% da frota de transporte de carga de passageiros (Fioritti et al, 2010).

A substituição dos tijolos baianos por blocos de concreto convencionais também é calculada em Energia Incorporada (Guimarães, 1985). Para Guimarães, o bloco de concreto consome três vezes menos energia que o tijolo vasado. A substituição por tijolos de solo-cimento reduzem ainda mais o consumo de energia incorporada das paredes, porém não são calculados neste estudo para energia.

A 3ª substituição realizada na casa padrão é o bloco de gesso no lugar dos tijolos baianos. Este bloco é maciço e possui espessura de 10 cm, ou seja, 1 cm a mais do que o tijolo baiano.

A tecnologia aqui adotada para os fechamentos em bloco de gesso também considera não ser necessário alguns serviços comumente feitos nas alvenarias tradicionais, como chapisco, reboco, emboço e viga baldrame. Desta forma, as etapas 2, 4, 6, 9 e 10 sofrem interferência direta e a proporção dos demais materiais também. Novos serviços são introduzidos ou excluídos dentro de cada uma das etapas alteradas. As demais etapas, 1, 3, 5, 7 e 8 permanecem com o quantitativo da casa padrão. Entre as vantagens da utilização do bloco de gesso estão a leveza e consequente diminuição do peso geral do edifício, elevado índice de redução sonora, diminuindo a intensidade e retardando a transmissão do calor entre superfícies (Sobrinho, 2009; Construção e Mercado, 2007). Porém, em função da permeabilidade ao ar úmido, constitui um facilitador de troca de grau de umidade entre o ambiente e o bloco de gesso, o que restringe sua utilização em regiões extremamente úmidas.

Pela tabela 12, percebe-se que o valor total da energia para a casa substituição 3 é aproximadamente 28% menor do que o valor encontrado para a casa padrão.

Tabela 12 – Resumo do valor total em energia da casa substituição 3 e da casa padrão. Substituição do tijolo baiano (casa padrão) pelo bloco de gesso maciço.

Descrição da Casa	Energia total da casa (sej) (*)
Casa Padrão (tijolos)	2,03E+17
Casa Substituição 3 (blocos de gesso)	1,47E+17

(*) Todas as quantidades para cada um destes materiais e a tabela geral em energia encontram-se nos anexos B.1. e B.4. deste estudo.

Os materiais mais representativos em energia, nesta mudança, são: gesso, areia, pedra e cimento. O surgimento do gesso como um novo material a participar com alta porcentagem na comparação em energia deve-se à grande massa utilizada nos fechamentos internos e externos.

Um dos problemas da utilização do bloco de gesso é quanto a sua destinação final. Segundo a Resolução do Conama (Conselho Nacional do Meio Ambiente) nº 307, de 05 de julho de 2002, os produtos oriundos do gesso são considerados de Classe C, pois ainda não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam sua reciclagem ou recuperação. Desta forma, do ponto de vista ambiental, são necessários estudos que minimizem os seus impactos, quando descartados.

Na figura 11 são comparados os nove recursos com maior energia ou maior diferença de energia através das três mudanças executadas.

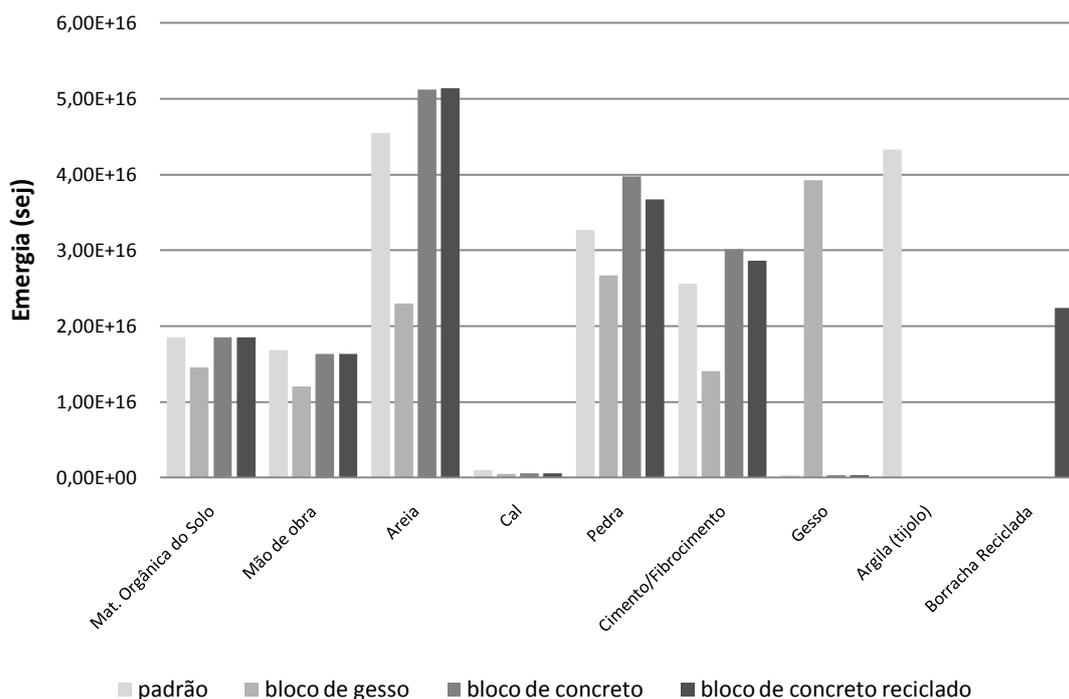


Figura 11 – Comparação da energia total para os nove recursos mais representativos através das quatro substituições propostas. Dados retirados dos anexos B.1., B.2., B.3., B.4.

As três alternativas para o tijolo baiano especificado na casa padrão mostram sensibilidade no balanço geral em energia da casa.

A substituição da argila pelo bloco de concreto proporcionou um aumento na utilização de outros materiais, como areia, pedra e cimento; porém, praticamente, não alterou a utilização da mão de obra, nem o cal.

Comparando-se o bloco de concreto convencional com o bloco de concreto reciclado percebe-se que há uma redução no consumo de pedra e cimento; porém, existe o surgimento de um material ainda não utilizado, a borracha reciclada. Gesso e argila não são utilizados nesta substituição.

O bloco de concreto reciclado merece especial atenção; trata-se de um material com uma energia por unidade maior do que a dos outros materiais utilizados, inclusive a argila da casa padrão; porém, é proveniente de uma reutilização e não de uma nova extração, o que pode indicar um ganho ambiental. Na comparação da casa padrão com a casa modificada com bloco de concreto reciclado percebe-se a redução no valor total em energia mesmo utilizando-se de um material com energia por unidade maior.

Quando a substituição é feita pelo bloco de gesso todos os outros materiais se reduzem. Isto se deve à diminuição nos serviços executados na casa, quando a solução adotada é o fechamento interno e externo com estes blocos, como é o caso

do material orgânico do solo, a mão de obra, a areia e o cimento ou pela substituição em si do material, perceptível quando se analisa a argila.

A figura 12 demonstra o comportamento das etapas das obras com as substituições de recursos feitas.

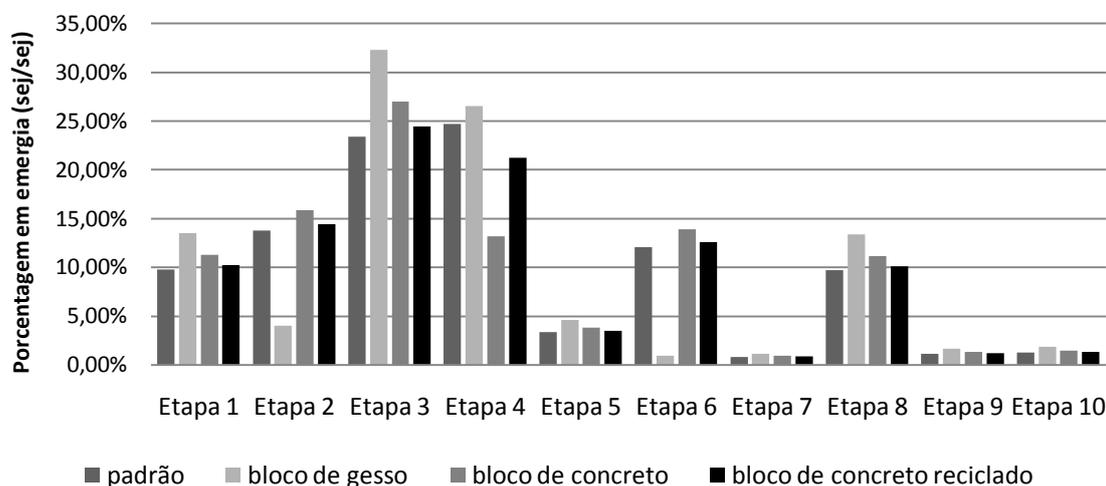


Figura 12 - Comparação da porcentagem em energia para cada uma das etapas das quatro substituições propostas. Dados para elaboração do gráfico encontram-se no anexo E.1.

A etapa 4, fechamentos internos e externos, é a que sofre as mudanças diretas da substituição do tijolo baiano pelos outros blocos. Porém, as mudanças efetuadas na etapa 4 alteram a proporcionalidade de todas as outras etapas.

Este efeito é mais evidente na substituição do tijolo baiano pelo bloco de gesso. Ocorre que o bloco de gesso reduz o valor total em energia da etapa 4 de $5,01 \times 10^{16}$ sej para $3,89 \times 10^{16}$ sej aumentando assim a porcentagem das outras etapas. Exceção é feita nas etapas 2 (fundação) e 6 (revestimento grosso). Na etapa 2, em função da substituição pelo bloco de gesso, reduz-se a necessidade de fundação, com a exclusão de vigas baldrame e da retirada de material orgânico do solo. Para a etapa 6, são retirados serviços de chapisco, emboço e reboco, o que diminui a energia total desta etapa.

Na substituição do tijolo baiano pelos blocos de concreto, convencionais ou reciclados, percebe-se que todas as etapas aumentam a sua porcentagem total em energia devido à diminuição específica da etapa 4. O bloco de concreto ou o bloco de concreto reciclado reduzem o consumo total de energia em relação ao tijolo baiano. Quando se compara o bloco de concreto convencional com o bloco de concreto reciclado, percebe-se que apenas na etapa 4 é que o bloco de concreto reciclado possui uma porcentagem em energia por etapas maior que o bloco de concreto convencional. Isto é reflexo do aumento direto da substituição e adição da borracha reciclada.

As etapas 7, 9 e 10 são as menos sensíveis às mudanças dos materiais da etapa 4. Isto é o reflexo dos principais recursos que compõem estas três etapas não estarem entre os cinco mais consumidos na construção da casa, como cimento, areia, argila/gesso, pedra e material orgânico do solo.

4.3.2. Esquadrias – Substituição da solução mista de madeira/ferro/vidro pelas opções: madeira/vidro e PVC/vidro

A representatividade da etapa esquadria, na casa padrão, foi menor do que 1%. A NBR 12721 mescla janelas em vidro e ferro com portas de ferro e madeira. Porém, esta é uma das etapas onde os materiais mais empregados na casa não são tão representativos, dando lugar a outros recursos.

Nesta 1ª substituição de esquadrias, opta-se por uniformidade das esquadrias em madeira, sendo que as janelas são de madeira com vidro e as portas unicamente de madeira. O nome adotado neste trabalho para esta substituição é a casa substituição 4. A tabela 13 apresenta os valores totais da casa padrão e da casa substituição 4.

Tabela 13 – Resumo do valor total em energia da casa substituição 4 e da casa padrão. Substituição das esquadrias mistas por esquadrias de madeira.

Descrição da Casa	Energia total da casa (sej) (*)
Casa Padrão (esquadrias mistas de madeira/ferro)	2,03E+17
Casa Substituição 4 (esquadrias de madeira)	2,04E+17

(*) Todas as quantidades para cada um destes materiais e a tabela geral em energia encontram-se nos anexos B.1. e B.5. deste estudo.

A alteração proposta aumentou o valor total em energia, que para a casa padrão foi de $2,03 \times 10^{17}$ e passou a ser de $2,04 \times 10^{17}$ após esta alteração, o que representa um acréscimo de 0,5% no total de energia. Tendo em vista todos os desvios de cálculo pode-se afirmar que, praticamente, não há mudança significativa no valor total em energia com essa alteração.

Esta alteração não impacta em nenhuma outra etapa de obra, o que permite ampliar a análise desta etapa, comparando os materiais empregados para a execução das esquadrias conforme proposto na casa padrão com os resultados das esquadrias propostas na casa substituição 4. O valor em energia desta etapa foi de $1,64 \times 10^{15}$ da

casa padrão para $3,17 \times 10^{15}$, um aumento de 93%. Se para o total em energia da casa, essa alteração foi praticamente imperceptível, analisando apenas a etapa, percebe-se um aumento considerável com esta opção. Analisando-se o valor desta em relação a uma casa e que a necessidade brasileira está em torno de 4,5 milhões de casas no padrão aqui estabelecido (Ministério das Cidades, 2010), a alteração proposta não é adequada em energia.

Mantendo-se a análise da sensibilidade das mudanças dos materiais nesta etapa, substituem-se as janelas de ferro e vidro e as portas de ferro e madeira por janelas de PVC e vidro e portas de PVC, nesta 2ª análise para substituição de esquadrias. O nome adotado é a casa substituição 5. O valor total em energia da casa padrão e a comparação com o valor total em energia da casa substituição 5 são apresentados na tabela 14.

Tabela 14 – Resumo do valor total em energia da casa substituição 5 e da casa padrão. Substituição das esquadrias mistas por esquadrias de PVC.

Descrição da Casa	Energia total da casa (sej) (*)
Casa Padrão (esquadrias mistas de madeira/ferro)	2,03E+17
Casa Substituição 5 (esquadrias de PVC)	2,02E+17

(*) Todas as quantidades para cada um destes materiais e a tabela geral em energia encontram-se nos anexos B.1. e B.6. deste estudo.

A alteração proposta diminuiu o valor total em energia, que para a casa padrão foi de $2,03 \times 10^{17}$ e passou a ser de $2,02 \times 10^{17}$ após esta alteração, o que representa uma redução de 0,5% no total de energia. Da mesma forma que a proposta de esquadrias em madeira, praticamente não há mudança no valor total de energia da casa. Quando se analisa especificamente a etapa 7, nota-se que o valor em energia desta etapa foi de $1,64 \times 10^{15}$ para a casa padrão e de $1,17 \times 10^{15}$ para a casa substituição 5, totalizando uma redução de 29%. Em larga escala de produção, tal alteração torna-se viável para redução em energia.

A figura 13 apresenta a comparação dos recursos empregados na etapa 7 da casa padrão e das duas alternativas propostas.

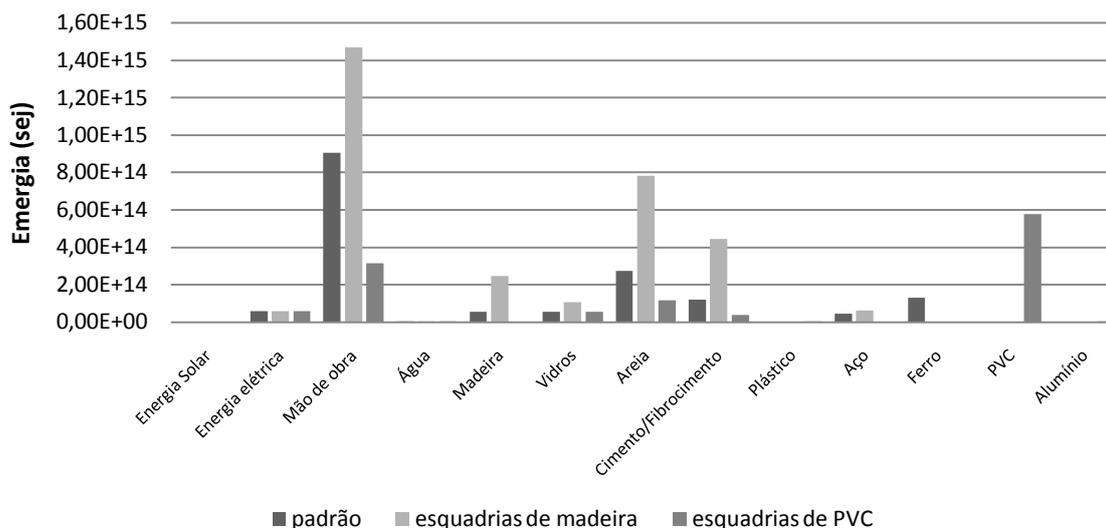


Figura 13 – Comparação em energia dos materiais propostos na casa padrão e nas duas substituições para a etapa 7 – Esquadrias. Dados para elaboração do gráfico encontram-se nos Anexos B.1., B.5. e B.6.

Dentre os recursos empregados para esta etapa destaca-se a mão de obra tanto na casa padrão quanto nas substituições. A mão de obra é a que possui a maior representatividade nesta etapa tanto para a casa padrão quanto para a casa substituição 4 (esquadrias de madeira).

A casa que possui todas as esquadrias em madeira (substituição 4) não possui a madeira como principal recurso empregado e sim a mão de obra. A madeira aparece apenas como o 4º maior contribuidor de energia para a etapa. O aumento em torno de 93% na energia desta etapa, com a substituição por esquadrias de madeira, deve-se ao acréscimo nos materiais areia e cimento, que possuem maior energia por unidade, e foram maiores do que o decréscimo no valor em energia do ferro. O aumento na massa destes materiais foi o principal responsável pelo aumento nesta etapa da obra.

De acordo com a figura 13, o PVC (casa substituição 5) que possui energia por unidade superior ao ferro e a madeira (casa padrão) altera o valor total em energia desta etapa, reduzindo-a. Isto acontece em virtude da massa utilizada para cada um desses materiais, onde a massa de PVC é menor do que a massa de madeira e ferro utilizados. Porém, em virtude de sua massa ser menor do que a dos outros materiais comparados, o PVC possui um valor em energia que viabiliza a sua utilização, quando o critério adotado é o de menor valor total de energia para a casa. Também, nas esquadrias em PVC, percebe-se uma utilização menor da mão de obra para instalação da mesma do que as esquadrias de madeira e ferro.

Os recursos energia solar e energia elétrica possuem a mesma contribuição em qualquer uma das alternativas, visto os critérios de cálculo adotados neste trabalho.

4.3.3. Cobertura – Substituição da cobertura em telhas de fibrocimento pelas opções: telhas cerâmicas e telhas de PVC

A etapa cobertura representa 3% do total em energia da casa padrão. Uma análise da sensibilidade para mudança de materiais também é executada. A 1ª alteração realizada na cobertura, substitui o telhado feito em madeira e telhas de fibrocimento pelo telhado de madeira com telhas cerâmicas. A tabela 15 apresenta o comparativo entre a energia total da casa padrão e da casa substituição 6.

Tabela 15 – Resumo do valor total em energia da casa substituição 6 e da casa padrão. Substituição das coberturas de fibrocimento por telhas cerâmicas.

Descrição da Casa	Energia total da casa (sej) (*)
Casa Padrão (telhas de fibrocimento)	2,03E+17
Casa Substituição 6 (telhas cerâmicas)	2,15E+17

(*) Todas as quantidades para cada um destes materiais e a tabela geral em energia encontram-se no anexo B.1. e B.7. deste estudo.

Pela tabela 15, percebe-se que o valor total da energia para a casa substituição 6 é aproximadamente 6% maior do que o valor encontrado para a casa padrão.

A estrutura de madeira que suporta as telhas de fibrocimento também é alterada quando a opção passa a ser telhas cerâmicas. Sua contribuição é o dobro em relação a cobertura da casa padrão. É necessária uma maior densidade de madeira para esta opção, contribuindo assim com o aumento da energia total da casa.

O ferro possui participação menor em função de serem retirados os fixadores necessários para as telhas de fibrocimento. A mão de obra para colocação de telhas cerâmicas também é mais requisitada do que na fixação de telhas de fibrocimento.

A escolha pelos materiais e pelas técnicas construtivas na análise em energia desse trabalho não levam em consideração os estudos de conforto ambiental, porém, sabe-se que as telhas cerâmicas possuem um conforto térmico maior do que as telhas de fibrocimento, em virtude da argila queimada ou cozida, que atua como isolante térmico tanto para o frio como para o calor.

Guimarães (Guimarães, 1985) realiza em seu trabalho de energia incorporada a substituição das telhas de fibrocimento por telhas cerâmicas. Em energia incorporada o telhado de telhas cerâmicas possui o dobro de energia incorporada do que a telha de fibrocimento.

Na 2ª modificação feita na cobertura da casa, ocorre a substituição do telhado feito com estrutura em madeira e telhas de fibrocimento pelo telhado feito com estrutura em madeira e telhas de PVC.

O resultado obtido foi de $2,02 \times 10^{17}$ para a casa modificada com cobertura em PVC contra $2,03 \times 10^{17}$ da cobertura em fibrocimento. Da mesma forma que as mudanças feitas nas esquadrias atingiram apenas 0,5% de redução ou de acréscimo quando comparadas à casa padrão, a alteração das telhas de fibrocimento por telhas de PVC apresentam redução de 0,5%. A tabela 16 mostra a comparação entre a casa padrão e a casa substituição 7.

Tabela 16 – Tabela resumo do valor total em energia da casa substituição 7 e da casa padrão. Substituição das coberturas de fibrocimento por telhas de PVC.

Descrição da Casa	Energia total da casa (sej) (*)
Casa Padrão (tijolos)	2,03E+17
Casa Substituição 7 (cobertura de telhas em PVC)	2,02E+17

(*) Todas as quantidades para cada um destes materiais e a tabela geral em energia encontram-se nos anexos B.1. e B.8. deste estudo.

A energia na etapa 5, após a substituição, passa de $6,77 \times 10^{15}$ sej para $5,77 \times 10^{15}$ sej o que mostra que na etapa 5 a alteração percentual foi de 15%, tendo, por tanto, uma redução quando utilizada a cobertura com telhas de PVC.

Ressalta-se que outros estudos de cobertura podem ser efetuados, como substituição de telhas de fibrocimento por telhas de fibrocimento vegetal, que utilizam as fibras celulósicas (reforçadas por fibras de coco, sisal, polpa de celulose de eucalipto).

A figura 14 apresenta a comparação dos recursos empregados na etapa 7 da casa padrão e das duas alternativas propostas.

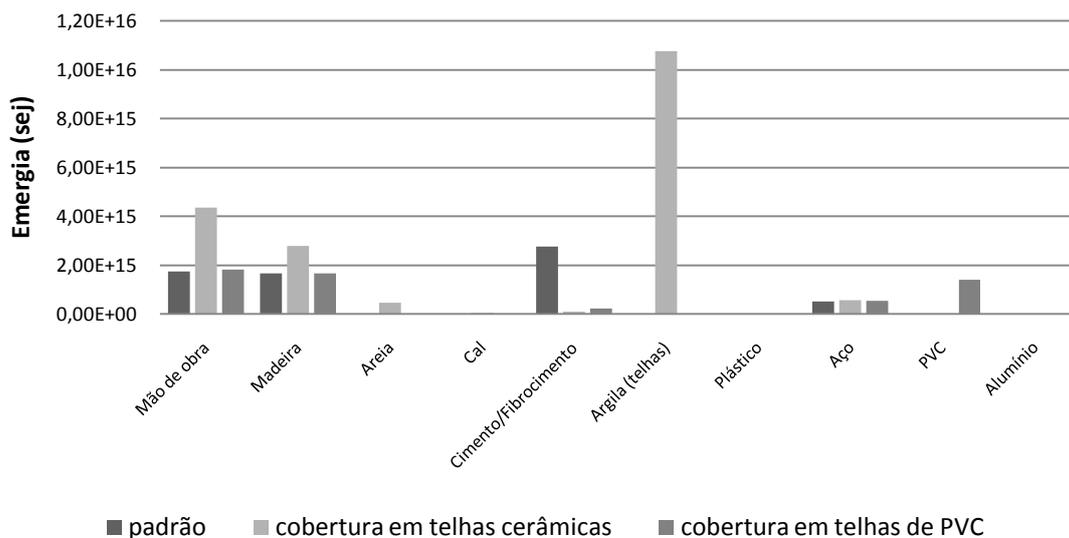


Figura 14 – Comparação em energia dos materiais propostos na casa padrão e nas duas substituições para a etapa 5 – Coberturas. Dados para elaboração do gráfico são encontrados no anexo B.1., B.7. e B.8.

Assim como nas esquadrias, o PVC, mesmo possuindo energia por unidade maior do que as telhas cerâmicas ou as telhas de fibrocimento é capaz de fornecer para o valor total em energia da casa uma redução em comparação com a casa padrão.

A mão de obra possui variação conforme mudança dos materiais. Para a telha cerâmica a energia da mão de obra é aproximadamente duas vezes maior em comparação à solução com telhas de fibrocimento ou telhas de PVC.

4.3.4. Mão de obra – Análise da energia em relação à produtividade da mão de obra

A TCPO possui em suas tabelas convencionais os coeficientes médios de produtividade para a execução dos serviços. Todos os coeficientes utilizados neste trabalho são os coeficientes tradicionais da TCPO, baseados na média histórica de pesquisas, feita pela editora.

Porém, em função da diversidade de tipologias de produtos, de tecnologias utilizáveis e das diferentes formas de organização e gestão dos serviços é interessante conhecer-se os limites máximos e mínimos dos desempenhos característicos de um serviço possibilitando a comparação dos recursos demandados. Estes coeficientes são apresentados para os materiais e para a mão de obra.

A produtividade pode ser definida como sendo a eficiência em transformar recursos em produtos. Desta forma, os coeficientes máximos e mínimos adotados pela

TCPO referem-se a valores extremos, ou seja, situações limite do banco de dados disponíveis para a edição da revista.

De forma a explorar os efeitos da produtividade máxima e mínima na mão de obra, adotam-se os valores limites da TCPO para alguns serviços das etapas 2, 3, 4, 5, 6, 8 e 9 da construção da casa padrão. Sabe-se que os coeficientes máximos e mínimos ocorrem quando alguns fatores qualitativos são introduzidos nas obras. Estes fatores traduzem a importância e a necessidade de se expandirem os estudos em qualificação da mão de obra.

A seguir são apresentadas as considerações que levam a produtividade da mão de obra a alcançar valores máximos de produtividade ou mínimos.

No caso de estruturas, as armações com diâmetro mais elevado das barras longitudinais, a facilidade de descarregamento do aço pré-cortado/dobrado, a proximidade entre locais de estocagem e de processamentos, atribuir bonificações a tarefas cumpridas e as boas condições de trabalho dos funcionários aumentam a produtividade da mão de obra, diminuindo assim os recursos investidos em mão de obra para uma etapa. Para formas de estruturas, seções transversais grandes, predominância de estruturas retangulares, baixa rotatividade de funcionários, lajes mais “quadradas” e poucos encontros de vigas com vigas também otimizam a mão de obra. No caso das concretagens, o acesso facilitado à boca de pilares, agilidade na troca dos caminhões betoneiras, equipe bem dimensionada, premiação por tarefas concluídas e entrega de concreto sem atraso contribuem para que a mão de obra deste serviço também seja reduzida.

Os fechamentos internos e externos também sofrem modificação quando algumas características são alteradas. Para alvenarias de tijolo baiano, a densidade média da alvenaria/m² de parede/m² de piso, a presença quase que exclusiva de paredes na altura usual, pagamento conforme acordado com funcionários, a ausência de material, paredes longas e existência de projetos bem definidos auxiliam no aumento da produtividade.

Para a etapa de acabamentos, os ambientes grandes, o material disponível, o acabamento sarrafeado, o fácil acesso da argamassa misturada ao local de aplicação e taliscas já prontas auxiliam na produtividade do contrapiso. Os revestimentos internos de azulejo e piso também podem aumentar a produtividade da mão de obra. Entre eles estão um número pequeno de pedras a serem cortadas, frente de trabalho liberada, material disponível, pouca interferência com instalações, bonificação aos funcionários, placas grandes, relação perímetro/área baixa e existência de projeto de cerâmica.

Para os revestimentos grossos, poucas quinas e requadros, a presença constante do material necessário para execução, pouca ou nenhuma chuva, pequenas espessuras e alturas de paredes usuais também permitem uma maior produtividade da mão de obra.

Para as instalações hidráulicas, equipamentos de corte apropriados, número de conexões/metro baixo e componentes de alvenaria fáceis de rasgar (abrir) também auxiliam no aumento da produtividade.

Tendo em vista os fatores anteriormente relatados e os consequentes coeficientes máximos e mínimos de produtividade, são calculados os valores totais de emergia para a casa padrão com a máxima eficiência produtiva e a péssima eficiência construtiva. Tais valores são apresentados na tabela 17.

Tabela 17 – Resumo do valor total em emergia da casa padrão com os coeficientes máximos e mínimos de produtividade.

Descrição da Casa	Emergia total da casa (sej) (*)
Casa Padrão	2,03E+17
Casa Padrão com MO de máxima produtividade	1,99E+17
Casa Padrão com MO de mínima produtividade	2,12E+17

(*) Todas as quantidades para cada um destes materiais e a tabela geral em emergia encontram-se nos anexos B.1., B.10. e B.11. deste estudo.

Com base nos resultados obtidos da tabela 17 nota-se que pode haver uma variação de 2% a favor de uma produtividade máxima ou uma variação de 4,5% a favor de uma produtividade mínima. Somando-se a variação total da mínima produtividade com a máxima produtividade chegamos a uma variação de até 6,5%, o que, em larga escala de produção, pode acarretar grandes diferenças no valor total de emergia das casas.

A figura 15 apresenta a variação em emergia da mão de obra em sete etapas da construção da casa e no valor total em emergia.

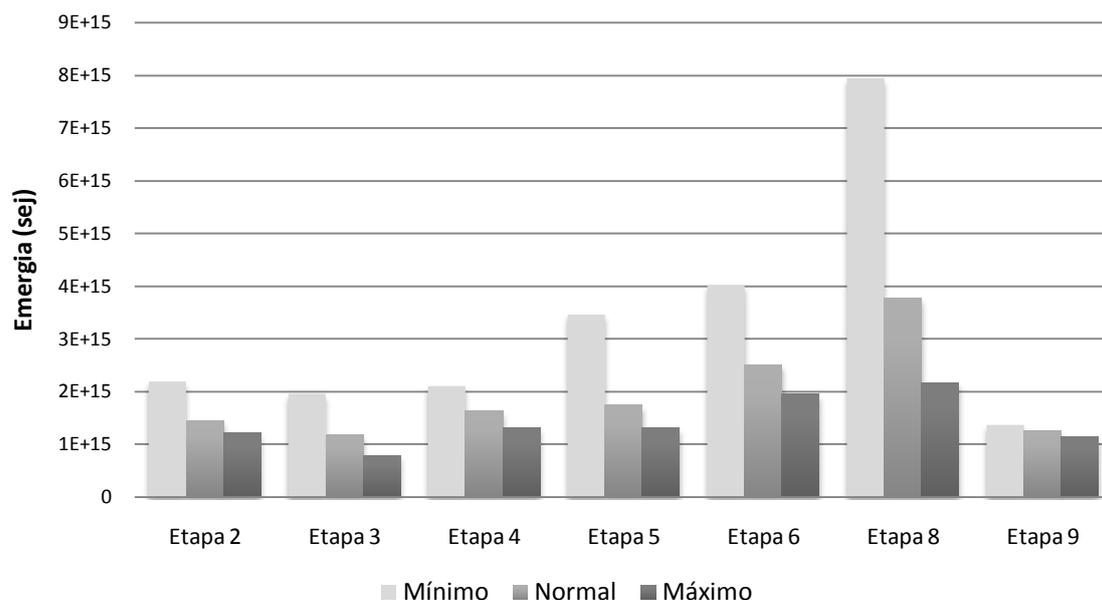


Figura 15 – Comparação em emergência da mão de obra empregada na casa padrão com os coeficientes de produtividade máximos e mínimos por etapa de obra. Dados para elaboração deste gráfico encontram-se nos anexos B.1., B.10. e B.11.

Através da figura 15 é possível perceber que as etapas 2, 3, 4, 5, 6, 8 e 9 apresentam sensibilidade quando comparados os fatores de produção mínimos e máximos. Porém, o impacto dos coeficientes mínimos de produção, que aumentam o valor em emergência por etapa de obra, são maiores do que os coeficiente máximos de produção.

Já nas etapas 1, 7 e 10, não representadas no gráfico em questão, a produtividade variável não foi considerada em nenhum dos serviços propostos.

4.3.5. Casa final - Substituição dos fechamentos internos e externos, da cobertura e da esquadria

Após a análise de sensibilidade feita para a substituição de materiais em três etapas (fechamentos internos e externos, esquadrias e cobertura), e consequentemente métodos executivos diferentes, chega-se a uma casa com valor de emergência menor do que a casa padrão. O valor encontrado para a casa (vide tabela 18), com as melhores alternativas em emergência, possui um fluxo total no valor de $1,45 \times 10^{17}$ sej contra o $2,03 \times 10^{17}$ sej encontrado na casa padrão. O valor é cerca de 29% menor que o anterior. As alternativas adotadas foram fechamentos internos e externos em blocos de gesso, esquadrias de PVC e cobertura com telhas em PVC.

Tabela 18 – Emergia para a casa final. Substituição das etapas: fechamentos internos e externos, cobertura e esquadrias. Fechamentos internos e externos em blocos de gesso, cobertura com telhas de PVC e esquadrias em PVC.

Item	Descrição	Un.	Quantidade (unidade / tempo de obra) (*)	Emergia Unidade / Transformidade (sej/un.) (*)	Emergia (sej)	% do total de emergia (sej/sej)	Ref. (**)
Recurso							
1	Gesso	kg	1,19E+04	3,29E+12	3,93E+16	27,06%	8
2	Pedra	kg	1,59E+04	1,68E+12	2,67E+16	18,38%	4
3	Areia	kg	1,36E+04	1,68E+12	2,28E+16	15,73%	4
4	Material orgânico do solo	J	1,17E+10	1,24E+06	1,45E+16	10,01%	9
5	Cimento/Fibrocimento	kg	3,78E+03	3,04E+12	1,15E+16	7,91%	2
6	Cerâmica Esmaltada	kg	1,09E+03	5,14E+12	5,62E+15	3,87%	11
7	PVC	kg	3,03E+02	9,86E+12	2,99E+15	2,06%	1
8	Madeira	kg	2,80E+03	8,79E+11	2,46E+15	1,70%	7
9	Aço	kg	3,32E+02	6,97E+12	2,31E+15	1,59%	1
10	Tinta	kg	8,74E+01	2,55E+13	2,23E+15	1,53%	1
11	Cobre	kg	9,97E+00	1,04E+14	1,04E+15	0,71%	6
12	Emulsão Asfáltica	kg	3,90E+01	2,55E+13	9,94E+14	0,68%	1
13	Energia elétrica	J	2,23E+09	2,69E+05	6,00E+14	0,41%	7
14	Cal	kg	2,84E+02	1,68E+12	4,78E+14	0,33%	4
15	Vidros	kg	3,79E+01	1,41E+12	5,34E+13	0,04%	5
16	Alumínio	kg	1,01E+00	2,13E+13	2,15E+13	0,01%	1
17	Desmoldante	kg	6,59E-01	2,55E+13	1,68E+13	0,01%	1
18	Água	m3	2,13E+01	7,75E+11	1,65E+13	0,01%	7
19	Plástico	kg	1,89E+00	5,75E+12	1,09E+13	0,01%	7
20	Estanho	kg	4,46E-01	6,97E+12	3,11E+12	<0,01%	1
Serviços Humanos							
21	Mão de obra	J	9,28E+08	1,24E+07	1,15E+16	7,93%	3
Emergia Total					1,45E+17		

(*) Todas as quantidades para cada um destes Recursos/Mão de Obra encontram-se no anexo B.9. deste estudo.

(**) Todas as transformidades ou emergias por unidade utilizadas e as suas respectivas referências encontram-se no Anexo A deste estudo.

Para a opção com menor valor de emergia encontramos 21 recursos empregados, um recurso a menos do que os empregados para a construção da casa padrão (vide tabela 9), que se trata da argila utilizada nos tijolos baianos.

O consumo de gesso e de PVC foram os que mais aumentaram em relação à casa padrão, visto terem sido estes os materiais utilizados na substituição das etapas de fechamentos internos e externos, cobertura e esquadrias. O PVC possuía percentual de representatividade de 0,49% e passou a ser de 2,06%, um aumento na ordem de quatro vezes.

O gráfico (vide figura 16) compara os materiais empregados na casa final com os da casa padrão, quanto a sua energia por unidade, ou seja, quanto à memória energética ou histórico de investimentos na sua composição.

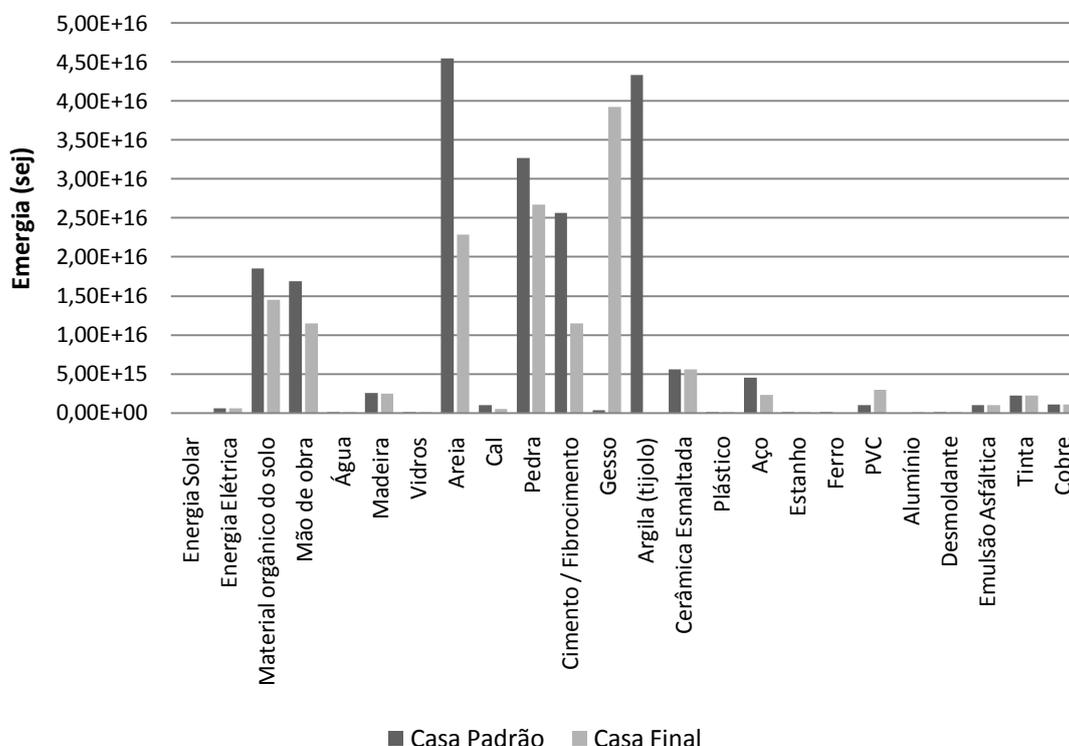


Figura 16– Gráfico em “Energy Signature” da casa padrão e da casa finas. Eixo x representa os recursos utilizados em ordem crescente de energia por unidade (sej/unidade). Eixo y representa o valor em sej dos recursos utilizados. Dados para a representação gráfica estão nas tabelas 9 e 18.

O principal elemento construtivo alterado, as alvenarias, passou a ter um material, o gesso, com a energia específica menor que a da argila, utilizada para a fabricação do tijolo baiano.

Através das mudanças propostas foi possível a redução no consumo dos principais recursos como areia, cimento, pedra e mão de obra.

Já o PVC, substituto do fibrocimento, do ferro e da madeira na cobertura e nas esquadrias, possui energia por unidade maior do que estes materiais, mas ainda assim, foi viável na substituição dos mesmos, reduzindo o valor em energia das etapas cobertura e esquadrias em função da massa utilizada também ter acompanhado esta redução.

A mudança dos materiais permitiu uma maior distribuição em energia do consumo dos recursos, inclusive pelo gesso, que, se comparado à argila, possui um consumo menor em energia. Com isto, houve uma diversidade na quantidade de

recursos utilizados, o que permite uma menor depreciação de apenas um recurso do meio ambiente. Um dos caminhos da sustentabilidade pode estar na diversidade de recursos utilizados e na criação de novas técnicas construtivas. Ressalta-se que esta análise precisa ser aprofundada por não levar em conta os estoques disponíveis e os processos para retirada destes materiais da natureza. Uma discussão abrangendo as reservas de gipsita, calcário e argila será efetuada no capítulo 5.

Após a análise da utilização dos recursos na construção da casa padrão e da alternativa final, torna-se interessante a análise da locação da porcentagem dos principais recursos utilizados na casa final para cada uma das etapas (figura 17).

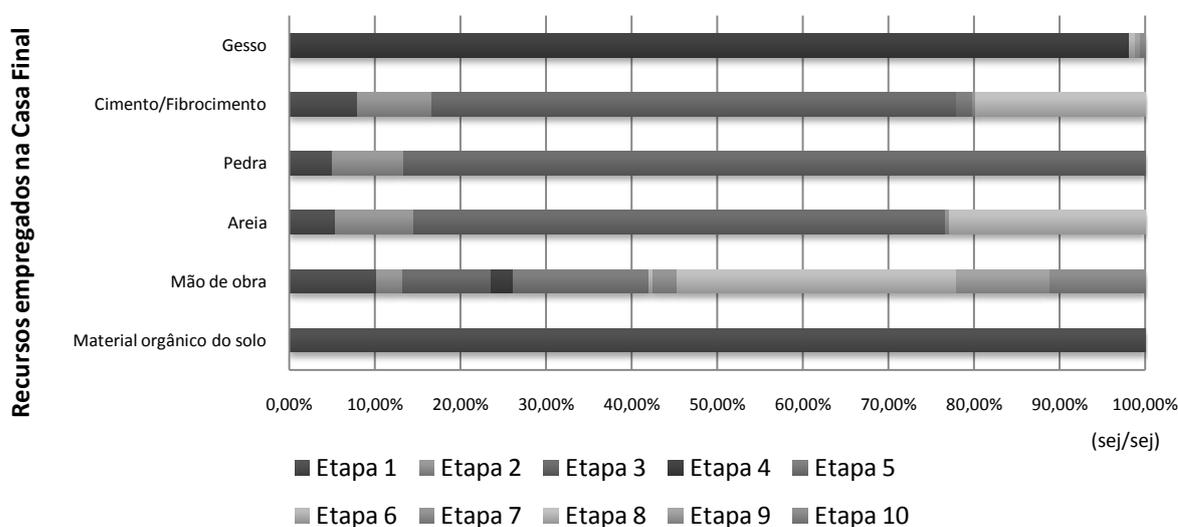


Figura 17 – Gráfico da porcentagem em energia da distribuição dos seis recursos mais utilizados para a casa final por etapa da obra. Dados para elaboração do gráfico são encontrados no anexo B.9.

Dentre os seis principais recursos empregados, nota-se que o gesso possui a sua maior utilização na etapa de fechamentos internos e externos. A pedra está presente principalmente nas etapas de canteiro de obra, fundação e estrutura. O cimento e a areia concentram-se nas etapas de canteiro de obra, fundação e estrutura, porém possuem uma participação na etapa de revestimentos finos e acabamentos, já que compõem a argamassa de assentamento das cerâmicas e o rejunte.

A mão de obra é o único recurso que está presente em todas as etapas. O maior destaque está na etapa 8, revestimentos finos e acabamentos, onde concentra-se aproximadamente 32% de toda a mão de obra.

A análise das porcentagens em energia por etapas da obra é apresentada através da figura 18. As etapas 3 e 4 são as que mais influenciam no total em energia da casa final, assim como na casa padrão, porém a sua porcentagem total foi de 48% (casa padrão) para 60% (casa final). A etapa 5, cobertura, foi a que teve maior

aumento na percentagem total em energia, em função da troca do principal material, o fibrocimento, pelo PVC.

A principal substituição feita para a casa final em relação à casa padrão foi a substituição do tijolo baiano pelo gesso. No entanto, apesar de ser perceptível a mudança na etapa 4, nota-se um destaque maior para as etapas 2, 6 e 8 quando comparadas à casa padrão. Isto se deve à redução no consumo de cimento, areia e pedra nestas etapas.

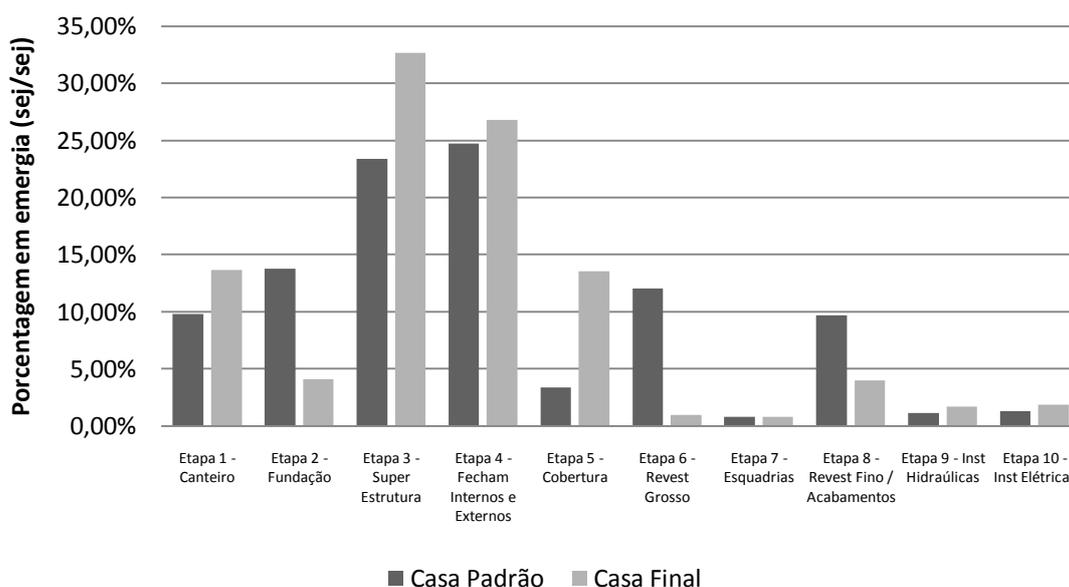


Figura 18 – Gráfico da percentagem em energia por etapa de construção da casa final. Dados para a elaboração do gráfico são encontrados no anexo E.2.

5. Expandindo as discussões

5.1. Vida Útil

Quando se inicia a discussão quanto à construção de uma casa, usando um tipo ou outro de material, sempre se questiona a durabilidade desta construção, ou seja, sua vida útil. As construções em geral, possuem tempo de vida útil estimado em 50 anos com manutenções periódicas. Para se avaliar a manutenção necessária para garantia dos 50 anos de vida útil, foram feitas as seguintes considerações:

- 1) Cada material possui seu tempo de vida útil independente e uma vida útil quando incorporado a uma construção (Buranakarn, 1998).
- 2) A divisão do total em energia de um material, pelo seu tempo de vida útil, fornece o valor anual de depreciação deste. Quando este valor é multiplicado

pelo tempo de vida útil estimado para toda a edificação, neste caso 50 anos, encontra-se o valor de investimento na janela de 50 anos, necessário para que a edificação continue apta a ser utilizada. (Simoncini, 2005)

- 3) Os recursos mão de obra, energia solar, perda de material orgânico do solo, energia elétrica e água são retirados desta análise, em função de não possuírem uma vida útil. Os materiais se desgastam no tempo, porém estes outros recursos não possuem desgaste temporal, apenas investimento pontual. A mão de obra para realimentação do sistema, com a reposição destes materiais desgastados, não foi considerada.

Após as considerações acima explanadas, a tabela 19 mostra o investimento necessário para que a edificação atinja o seu tempo de vida útil de 50 anos.

Tabela 19 – Energia da manutenção necessária para que a casa possua 50 anos de vida útil.

Materiais	Vida útil (anos)	Fonte	Energia Total para casa padrão (sej)	Energia por ano da casa padrão (sej)	Energia total da Casa Final (sej)	Energia por ano da casa final (sej)
Aço	60	a	4,47E+15	7,46E+13	2,31E+15	3,85E+13
Alumínio	40	a	0,00E+00	0,00E+00	2,15E+13	5,37E+11
Areia	60	b	4,55E+16	7,58E+14	2,28E+16	3,81E+14
Argila (tijolos/telhas)	30	b	4,33E+16	1,44E+15	0,00E+00	0,00E+00
Cal	60	b	9,82E+14	1,64E+13	4,78E+14	7,96E+12
Cerâmica Esmaltada	30	b	5,62E+15	1,87E+14	5,62E+15	1,87E+14
Cimento	60	b	2,29E+16	3,81E+14	1,13E+16	1,88E+14
Fibrocimento	20	c	2,76E+15	1,38E+14	2,28E+14	1,14E+13
Cobre	60	b	1,04E+15	1,73E+13	1,04E+15	1,73E+13
Desmoldante	20	a	7,33E+13	3,67E+12	1,68E+13	8,40E+11
Emulsão Asfáltica	10	d	9,94E+14	9,94E+13	9,94E+14	9,94E+13
Estanho	60	b	3,11E+12	5,19E+10	3,11E+12	5,19E+10
Ferro	60	a	1,29E+14	2,15E+12	0,00E+00	0,00E+00
Gesso	20	a	3,04E+14	1,52E+13	3,93E+16	1,96E+15
Madeira	50	a	2,56E+15	5,12E+13	2,46E+15	4,93E+13
Pedra	60	b	3,27E+16	5,45E+14	2,67E+16	4,45E+14
Plástico	20	b	6,14E+13	3,07E+12	1,09E+13	5,44E+11
PVC	40	e	9,94E+14	2,48E+13	2,99E+15	7,47E+13
Tinta	20	a	2,23E+15	1,11E+14	2,23E+15	1,11E+14
Vidros	30	b	5,34E+13	1,78E+12	5,34E+13	1,78E+12
Total de depreciação por ano (sej)				3,87E+15		3,58E+15
Total de investimento para manutenção em 50 anos (sej)				1,94E+17		1,79E+17

Tabela 19. Detalhamento do significado das colunas: coluna 1 refere-se ao material empregado na construção da casa; coluna 2 possui o tempo de vida útil dos materiais; coluna 3 possui a fonte bibliográfica da coluna 2; coluna 4 possui o valor em energia dos materiais utilizados na casa padrão; coluna 5 possui a energia anual que deverá ser reposta em virtude do desgaste (seu valor é fruto da divisão da coluna 4 pela coluna 2); coluna 6 possui o valor em energia dos materiais utilizados na casa final; coluna 7 possui a energia anual que deverá ser reposta em virtude do desgaste (seu valor é fruto da divisão da coluna 6 pela coluna 2).

Fonte bibliográfica da vida útil: a. Meillaud, 2003; b. Buranakarn, 1998; c. Eternit, 2010, d. Simoncini, 2005; e. Considerações próprias.

Os materiais pertinentes à etapa 1 da construção, canteiro de obra e serviços preliminares, não foram considerados por não terem que ser repostos.

Os resultados acima demonstram que o investimento total em energia para os 50 anos de manutenção do edifício são menores na casa final do que na casa padrão. Este valor está em torno de 9% a favor da casa modificada. O valor encontrado na construção da casa modificada foi em torno de 29% menor do que o da casa padrão; porém, o valor para a manutenção foi 9% menor. Considerando uma análise mais ampla, onde o total em energia das alternativas é a soma do investimento na construção com o investimento em manutenção, temos que a energia da casa padrão é de $3,97 \times 10^{17}$ sej e o da casa alterada nas condições finais é de $3,24 \times 10^{17}$ sej, resultando assim numa redução de 19% no valor total em energia.

O valor em energia investido em 50 anos para a manutenção da edificação, mesmo com a exclusão de alguns recursos como mão de obra, é praticamente o mesmo de uma edificação nova, construída em 4 meses.

É válido ressaltar que a principal mudança nas construções, foi a troca do tijolo baiano pelos blocos de gesso. No entanto, analisando a tabela acima, nota-se que o investimento em energia para manutenção do tijolo é menor do que para a manutenção do gesso. Isto nos leva a concluir que a substituição feita no material não foi melhor na questão de vida útil da edificação, mas que os impactos causados em todas as etapas e materiais da casa, após esta modificação, contribuem para que o todo da casa seja vantajoso na casa alterada em relação à casa padrão.

5.2. Reservas dos recursos

O critério inicialmente adotado neste estudo foi o de substituir alguns materiais utilizados na casa padrão por outros, buscando um valor total em energia menor. Este critério pode indicar um dos fatores que compõem a busca pela sustentabilidade de um sistema, que consiste em consumir menos recursos para obtenção de um mesmo produto. Neste caso, passa-se a considerar a busca pelo menor investimento em energia para obter-se um mesmo produto, a casa, em condições iguais de utilização em ambos os processos.

Porém esta análise isolada não pode afirmar que um produto é mais sustentável do que outro. Conhecer as reservas dos recursos utilizados, os danos causados durante a extração da matéria-prima, a forma como eles se comportam no ambiente após o seu descarte, a utilização dos resíduos como matéria prima para outros produtos e outras análises devem ser efetuadas (Giannetti & Almeida, 2006).

Do ponto de vista das reservas brasileiras fornecedoras de matéria prima (calcário, gipsita e argila) para as três principais alternativas aqui propostas (fechamentos internos e externos de bloco de concreto, bloco de gesso e tijolo baiano), realiza-se uma análise do impacto da construção destas casas em larga escala, supondo assim reduzir o déficit habitacional brasileiro.

O Anuário Mineral Brasileiro 2006 (Anuário Mineral, 2006), em sua parte III - Estatísticas por substâncias, apresenta as reservas brasileiras para vários recursos (ano 2005), como água mineral, alumínio, argila, calcário, areia, gipsita, prata, rochas, entre outros. Também é apresentado o consumo apurado no ano de 2005 para estes recursos. Com base nestes dados é possível estimar as reservas disponíveis de gipsita (matéria-prima do gesso), do calcário (matéria-prima do cimento) e argila (matéria-prima dos tijolos baianos). Também é possível avaliar o consumo destes recursos no ano de 2005 e supor a utilização destes para uma janela de alguns anos.

De acordo com o Ministério das Cidades (Ministério das Cidades, 2010), o Brasil possuía um déficit populacional em 2008 de 5,572 milhões de domicílios, dos quais 83% estão localizados em áreas urbanas. Este déficit está concentrado na faixa de renda de até três salários mínimos (89,6%) e de três a cinco salários mínimos (7,0%). Desta forma, considerando-se como potenciais utilizadores do padrão de casa aqui estudado as faixas de renda até 5 salários mínimos e multiplicando-se o déficit em áreas urbanas pelo déficit total populacional, chega-se ao valor de 4,5 milhões de casas semelhantes a aqui proposta. Os planos de incentivo do governo (Minha Casa Minha Vida e PAC) não propõem o esgotamento deste déficit populacional, porém a sensível redução ao longo de 8 anos (2007-2014).

Para avaliação do déficit populacional urbano do Brasil, e os possíveis impactos de um programa de incentivo do governo, quanto as reservas disponíveis de gipsita, calcário e argila e as três soluções avaliadas neste trabalho para os fechamentos internos e externos, algumas considerações são feitas:

- 1) Considera-se uma janela de oito anos para a análise. Desta forma, o valor consumido por todas as atividades no ano de 2005 será multiplicado pelos 8 anos aqui estipulados.

- 2) Considera-se que para o cimento, 75% da massa é composta por calcário, 20% por argila e 5% por gesso. Estas composições são muito variáveis, já que o principal composto do cimento é o clínquer e este é composto basicamente por calcário e argila.
- 3) As massas dos materiais utilizados são as mesmas das matérias primas extraídas.
- 4) São utilizadas as reservas lavráveis (Fundespa, acessado em 2010) e o consumo bruto dos materiais.
- 5) As energias específicas adotadas para as reservas foram as mesmas adotadas no cálculo da casa.
- 6) Para o cálculo do consumo dos recursos em função da construção de casas, adota-se que 4,5 milhões de casas serão construídas.

Estas considerações procuram padronizar a comparação que será realizada. As figuras 19, 20 e 21 apresentam o comportamento previsto das reservas de gipsita, calcário e argila, respectivamente, entre os anos de 2007 e 2014 com o consumo normal do recursos (consumo normal, neste trabalho, define-se como sendo aquele que anualmente o Brasil utiliza em seus mais diversos setores de consumo, inclusive o da construção civil) acrescido das três alternativas construtivas extrapoladas para 4,5 milhões de casas iguais às calculadas no capítulo 4.

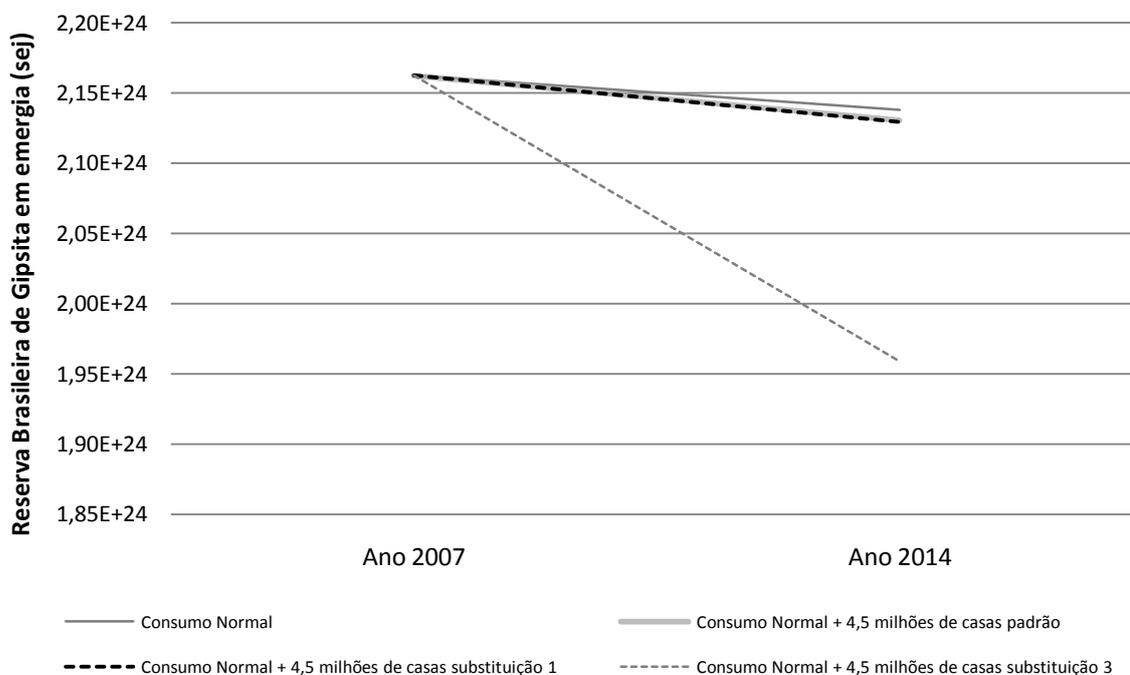


Figura 19 – Gráfico do comportamento das reservas em energia para a gipsita nos anos de 2007 e 2014 conforme material utilizado na etapa 4 – fechamentos internos e externos. Todos os cálculos pertinentes a este gráfico encontram-se no Anexo C.1.

Analisando-se as reservas de gipsita, nota-se que o consumo desta reserva, em 8 anos, aumenta em 35% quando construímos as 4,5 milhões de casas, sejam de concreto (substituição 1) ou tijolos baianos (padrão), e 740% para as casas construídas na alternativa de bloco de gesso (substituição 3), sempre comparando ao valor médio de consumo normal, sem a construção de 4,5 milhões de casas.

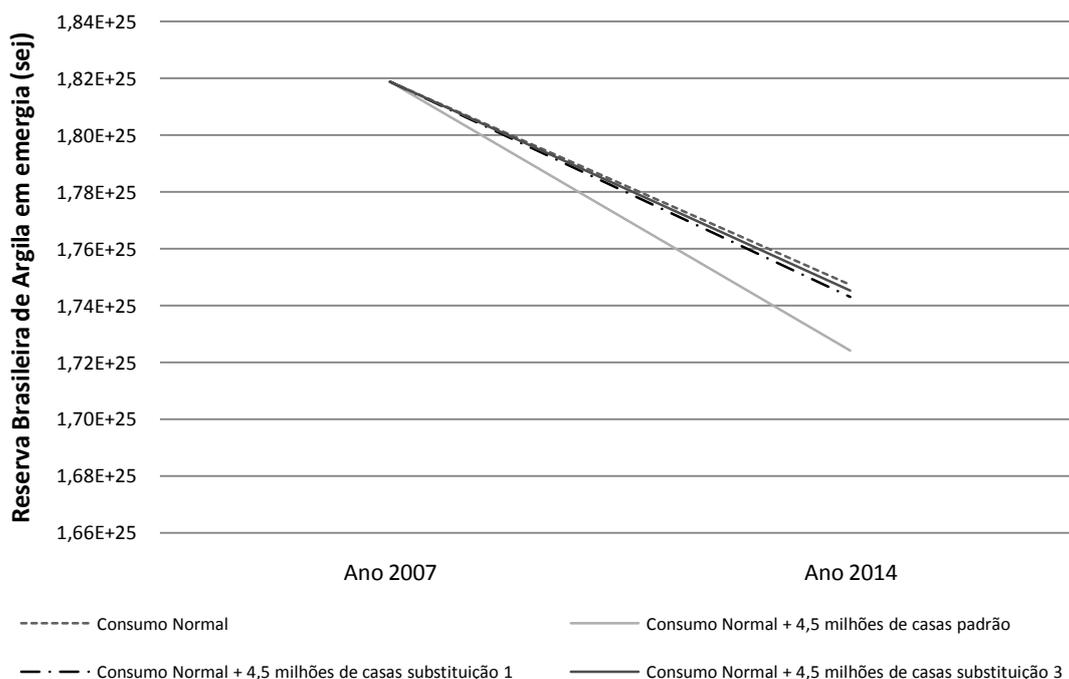


Figura 20 – Gráfico do comportamento das reservas em emergia para a argila nos anos de 2007 e 2014 conforme material utilizado na etapa 4 – fechamentos internos e externos. Todos os cálculos pertinentes a este gráfico encontram-se no Anexo C.1.

Para a reserva em emergia de argila, o percentual de aumento em função da construção de 4,5 milhões de casa é para a casa padrão 32%, para a casa de bloco de concreto 6% e para a casa de bloco de gesso 3%.

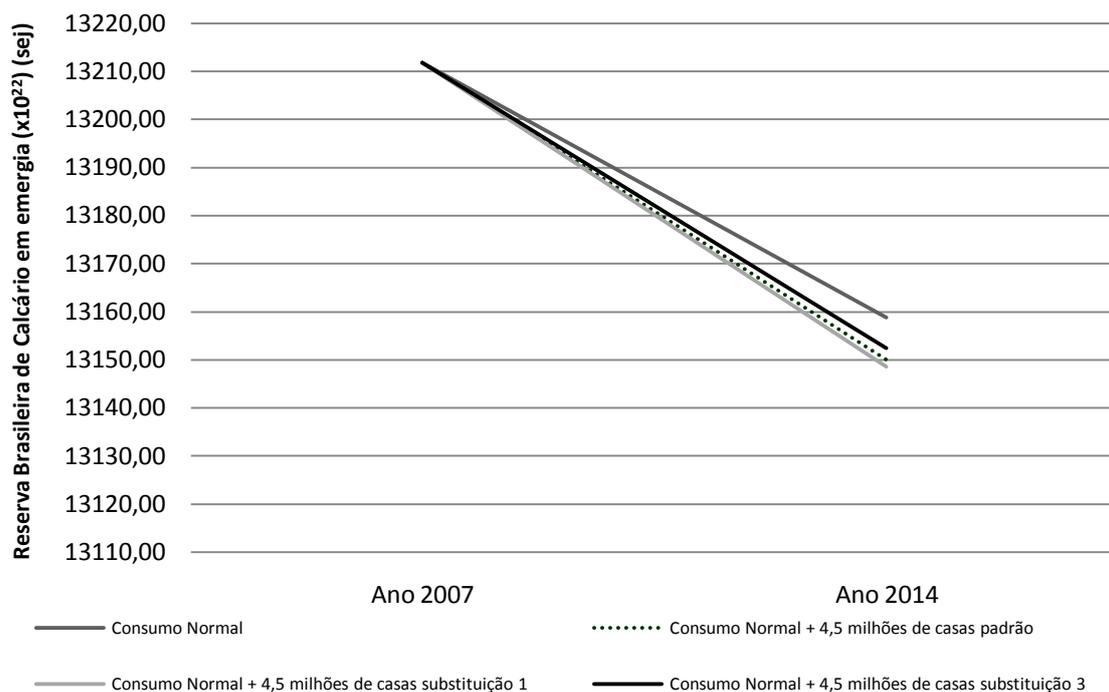


Figura 21 – Gráfico do comportamento das reservas em emergência para o calcário nos anos de 2007 e 2014 conforme material utilizado na etapa 4 – fechamentos internos e externos. Todos os cálculos pertinentes a este gráfico encontram-se no Anexo C.1.

Quando se observa o efeito na reserva de calcário, encontram-se valores de 16% para a casa padrão, 19% para a casa substituição 1 (blocos de concreto convencional) e 12% para a casa substituição 3 (blocos de gesso).

Analisando-se as três reservas e as três soluções construtivas, percebe-se que a escolha de uma única solução que atenda às 4,5 milhões de casas necessárias, altera consideravelmente o consumo deste recurso. Isto é mais evidenciado na opção por blocos de gesso, onde o consumo para a construção destas casas, em 8 anos, é mais de 7 vezes o consumo normal medido para os mesmos 8 anos.

A análise efetuada através do impacto nas reservas em emergência dos materiais apresentou um melhor resultado para os blocos de concreto e um pior resultado para a utilização do bloco de gesso. Considera-se como melhor resultado a porcentagem de emergência referente a opção construtiva que possua a menor porcentagem no consumo das reservas.

Os números aqui apresentados são estimados com base em alguns critérios adotados. Um estudo aprofundado sobre o impacto de um programa de incentivo à construção de casas visto o déficit brasileiro, sobre o ponto de vista das reservas em emergência dos recursos disponíveis deve ser efetuado.

Mesmo assim, com base na discussão realizada, pode-se afirmar que um programa de governo que incentive a construção de 4,5 milhões de casas, procurando

acabar com o déficit populacional, deve considerar não apenas um tipo de construção (blocos de concreto ou bloco de gesso ou tijolo baiano) mas sim, um conjunto de soluções que impactem com porcentagens pequenas nas diferentes reservas e não unicamente em uma reserva. Uma proposta para esta compatibilização seria as soluções regionais, conforme a disponibilidade das reservas locais e a cultura local.

5.3. Emergia por unidade

Conforme apresentado na Introdução deste trabalho, algumas ramificações no estudo em emergia podem melhorar os resultados apresentados. É o caso dos estudos em emergia por unidade, por exemplo. De posse de valores de emergia por unidade para blocos de gesso, blocos de concreto, telhas de fibrocimento, telhas/esquadrias em PVC, borracha reciclada, portas e janelas, é possível aprimorar os cálculos em emergia da construção de uma casa, sem a necessidade de aproximações. O mesmo vale para a região onde os mesmos estão sendo estudados, já que, por se tratar de uma memória de energia, a emergia específica é dependente da região em estudo. Esta comparação entre a emergia específica, a região de estudo e a reserva local, podem identificar novas possibilidades de incentivos públicos.

Um exemplo prático ocorrido neste trabalho é o uso da emergia específica do cimento e do gesso. Para o 1º utilizou-se o valor calculado por Simoncini (Simoncini, 2005), que possui em sua composição fontes de energia elétrica italianas (mais dependente da termoeletricidade do que da hidroeletricidade, por exemplo). Seu valor de emergia por unidade é o mais próximo existente hoje para cimento na construção civil. Já a emergia por unidade para o gesso, é de uma fonte suíça, que por sua vez, retirou-o dos cálculos de uma fonte americana. Seu valor também não é para um bloco de gesso nem para uma placa de forro, conforme utilização nesse trabalho. Em resumo, para nenhuma das duas comparações, blocos de gesso ou blocos de concreto, foi possível um valor de emergia específica para a produção do mesmo no Brasil, ou mais preciso ainda, que seria em São Paulo. A fabricação destes inclui a secagem dos blocos, em altas temperaturas, o que acarretaria um aumento no valor da emergia específica destes e poderia crescer na discussão deste trabalho, como feito por Guimarães (Guimarães, 1985) para a cadeia energética.

O intuito desta discussão é motivar trabalhos que produzam fontes de emergia específica cada vez mais próximas das realidades em que os sistemas estão inseridos, seja por uma questão regional ou mesmo tecnológica. Com estes valores cada vez mais apurados as análises de sustentabilidade, utilizando-se a ferramenta em contabilidade ambiental EMERGIA, poderão ser mais precisas.

5.4. Padrões ABNT NBR 12721:2006

Conforme inicialmente discutido na Metodologia de Pesquisa, a norma ABNT NBR 12721:2006 estabelece padrões para os diferentes tipos de edificações, tanto para acabamentos, número de pavimentos e número total de unidades.

Numa comparação inicial entre os critérios de cálculo da NBR 12721 e da TCPO para as construções, destaca-se que a TCPO permite uma maior gama de serviços a serem considerados por parte do analista, entre eles canteiro de obras e fundações, como também possibilita a organização dos resultados por materiais ou por etapas construtivas, aumentando o controle do analista sobre o momento em que tais recursos são empregados na construção. Numa análise aprofundada em emergia, tais considerações enriquecem o estudo e as discussões.

A NBR 12721 por sua vez é mais simples e rápida para utilização, menos subjetiva e permite apenas organizar os resultados por materiais.

Como o objetivo deste trabalho é a avaliação da construção de uma casa, utilizando a contabilidade em emergia, e as alterações propostas para que o valor total da construção seja reduzido, o detalhamento possibilitado pela TCPO é mais indicado nos cálculos. Porém, quando o intuito das análises é delimitar valores macros para comparações ou até mesmo indicadores generalistas, é possível utilizar somente os dados da NRB, sem qualquer consideração adicional, comparando-os e discutindo-os. Desta forma, considerações quanto ao material orgânico do solo, contribuição da energia solar, água, energia elétrica e outros recursos não são contabilizados.

O que se propõe abaixo é uma breve discussão dos valores em emergia para as edificações dos projeto-padrão R1-B, R8-B e R1-N, conforme dados da tabela 20.

Tabela 20 – Resumo do valor total em emergia dos projetos-padrão da ABNT NBR 12721.

Descrição da Casa	Energia total da construção (sej) (*)
NBR Projeto Padrão R1 - B	1,85E+17
NBR Projeto Padrão R8 - B	8,98E+18
NBR Projeto Padrão R1 - N	3,84E+17
NBR Projeto Padrão R8 - N	1,92E+19

(*) Todas as quantidades para cada um destes materiais e a tabela geral em emergia encontram-se no anexo C.2. deste estudo.

Os valores encontrados em emergia para os três projetos-padrão da NBR terão seus indicadores calculados posteriormente.

Na comparação entre o projeto R1 – B e R8 – B, de mesmo padrão de acabamento, percebe-se que o valor do R8 – B é aproximadamente 48 vezes maior em emergia do que o da R1 – B. No entanto, pelos critérios estabelecidos pela ABNT, pode-se adotar que o projeto R8 – B supre as mesmas necessidades que trinta e dois projetos R1 – B. Portanto, a emergia investida para a edificação vertical R8 – B é maior do que a sua proporção de edificações R1 – B.

Por tanto o projeto R1 – N possui, praticamente, o dobro de emergia que o projeto R1 – B, devido ao acréscimo de mais um dormitório (suíte) e ao padrão superior estabelecido. Já o projeto R8 – N possui 50 vezes mais emergia que o projeto R1 – N. Porém da mesma forma que os projetos R1 – B e R8 – B, as necessidades de habitação supridas pelo projeto R8 – N são de trinta e duas vezes o projeto R1 – N.

O projeto R8 – N possui pouco mais que o dobro da emergia do projeto R8 – B. Desta forma, pode-se afirmar que por estes critérios de cálculo os projetos de padrão normal possuem o dobro de emergia que os projetos de padrão baixo.

Comparando-se o valor total em emergia para a casa padrão (calculada neste trabalho pela TCPO e com considerações do analista) é de $2,03 \times 10^{17}$ sej enquanto o valor em emergia do projeto R1 – B da NBR é de $1,85 \times 10^{17}$ sej. Os valores são próximos, com uma diferença de aproximadamente 9%, porém destaca-se que o projeto da NBR não possui considerações de canteiro de obra e fundação.

5.5. Indicadores

A tabela 21 apresenta os indicadores obtidos neste trabalho:

Tabela 21 – Indicadores calculados para as construções: Casa Padrão, Casa Final e Projetos Padrão NBR 12721 – R1B; R8B; R1N; R8N.

Construção	Em/m ² (sej/m ²)	Em/m ³ (sej/m ³)	Em/m ² área urbana (sej/m ² AU)	Em/hab (sej/pessoa)
Casa padrão	3,48E+15	1,24E+15	2,08E+15	5,08E+16
Casa Final	2,49E+15	8,88E+14	1,49E+15	3,63E+16
NBR Projeto R1 - B	3,15E+15	NC	1,91E+15	4,63E+16
NBR Projeto R8 - B	3,21E+15	NC	1,36E+16	7,02E+16
NBR Projeto R1 - N	3,61E+15	NC	2,43E+15	6,40E+16
NBR Projeto R8 - N	3,20E+15	NC	1,78E+16	1,00E+17

(*) Todas as quantidades para cada um destes materiais e a tabela geral em emergia encontram-se no anexo C.3. deste estudo. AU – área urbana. NC – não calculado em função de não existir dados suficientes para isso.

Alguns indicadores aqui calculados podem ser comparados aos da literatura. O valor de energia/m² calculado nesta dissertação com base no artigo de Pulselli, possui o valor de $3,96 \times 10^{15}$ sej/m². Comparando-o aos valores obtidos neste trabalho nota-se que os mesmos estão na mesma ordem de grandeza. Para o valor de Em/m³ construído a casa padrão obteve $1,24 \times 10^{15}$ sej/m³ e $8,88 \times 10^{14}$ sej/m³ para a casa final. Na literatura encontra-se o valor de $1,07 \times 10^{15}$ sej/m³ (Pulselli et al, 2007).

Para a energia por habitante, foi encontrado o valor de $7,50 \times 10^{15}$ sej/hab (Pulselli et al, 2007) na literatura. Já os valores calculados neste trabalho foram de $5,08 \times 10^{16}$ sej/hab para a casa padrão e $3,63 \times 10^{16}$ sej/hab. O indicador encontrado neste trabalho é maior do que o de Pulselli. Um dos fatores é que o prédio calculado por Pulselli mescla atividades de escritório com residência. A densidade de pessoas num escritório é maior do que numa residência.

Após a comparação com alguns valores obtidos na literatura e a proximidade entre os mesmos, discute-se os valores obtidos neste trabalho.

Para a energia/m² nota-se que tanto os projetos da NBR quanto a casa padrão possuem ordem de grandeza muito próxima. Os valores para os projetos R8 possuem praticamente o mesmo valor tanto para o padrão baixo quanto para o padrão normal, o que quer dizer que, por área construída na vertical (prédios), a diferença dos padrões de acabamento não se refletem. Já para as construções horizontais, neste caso as casas, o valor em energia/m² é maior para a casa normal, reflexo dos acabamentos utilizados em relação a casa normal.

A mudança efetuada na casa padrão é sensível por m², o que impacta diretamente na redução do indicador energia/m². O mesmo é $3,48 \times 10^{15}$ sej/m² para a casa padrão e $2,49 \times 10^{15}$ sej/m² para a casa final.

A energia por m² de área urbana considera o valor total da energia construída dividido pela área urbana que a edificação ocupa, incluindo os recuos constantes da Lei 13.885 de 25 de agosto de 2004, referente ao Plano regional Estratégico da Cidade de São Paulo. Dessa forma nota-se que os valores para prédios (projetos R8 – N e R8 – B) são em torno de 7 vezes maiores que os valores para as casas (projetos R1 – N e R1 – B), porém nessa mesma área, é possível que um número maior de pessoas resida, otimizando assim o investimento em energia. Estes valores obtidos também podem auxiliar outras pesquisas que analisam a densidade de construções de casas, tanto na estimativa de energia de uma área já ocupada (análises de cidades) ou para escolha de como investir nas áreas urbanas existentes.

Considerando que do investimento em 4,5 milhões de casas, abordado na discussão das reservas dos recursos, aproximadamente 1,1 milhão de casas

(Ministério das Cidades, 2010) são necessárias só na cidade de São Paulo (região metropolitana), com alta densidade populacional e poucas áreas livres, este indicador de energia/m² de área urbana (sej/m²AU) serve para estimar o investimento em energia para resolução do déficit habitacional. Já em cidades com maiores áreas livres e déficit populacionais menores, é interessante o investimento em moradias térreas, como menor energia/m² de investimento.

Já a energia por habitante que utiliza a habitação é diretamente proporcional ao padrão da casa e a sua verticalidade. Padrões mais simples e residências térreas possuem valor de energia por habitante menor que padrões normais de habitações e construções verticalizadas (prédios).

Uma comparação feita por Guimarães (Guimarães,1985) em energia incorporada mostra que o valor por m² de área útil é 30% menor em energia das construções horizontalizadas. Isto se deve as áreas de circulação, manutenção e escadas que existem nas construções verticais. Simulando o mesmo cálculo para a energia das construções R1 – B e R8 – B (cálculos no anexo DE), tem-se um valor de Energia/m² de área útil de $4,79 \times 10^{15}$ sej/m² para a edificação R8 – B e de $3,15 \times 10^{15}$ sej/m² de área útil para a casa. Isto representa um percentual na ordem de 50% de energia em áreas não uteis.

6. Conclusões

Através deste estudo é possível avaliar a construção de uma casa de padrão baixo e nível térreo empregando a metodologia em energia. De base das informações iniciais de uma edificação é possível alterar os seus materiais ou os seus métodos construtivos de modo a minimizar o valor em energia, ou seja, diminuir a memória energética dos mesmos.

Cada vez que se reduz os valores de energia de uma construção propõe-se, através da própria metodologia em energia, uma busca por menos investimentos ambientais, humanos e econômicos para a obtenção de um mesmo produto, que neste estudo é uma casa.

As mudanças efetuadas nos fechamentos internos e externos da casa, esquadrias e cobertura resultaram numa redução de 29% no valor total em energia. O valor total em energia da construção da casa padrão do estudo foi $2,03 \times 10^{17}$ sej e a casa com as alterações finais, foi de $1,45 \times 10^{17}$ sej. Estas substituições foram de tijolo baiano por bloco de gesso, das esquadrias mistas de ferro e madeira por produtos de PVC e da cobertura da casa, inicialmente de fibrocimento e que passou a ser de PVC.

Materiais como cimento, areia e pedra possuem grande participação na análise em energia das construções, bem como o tijolo ou o bloco de gesso, dependendo da solução construtiva adotada.

A análise da mudança de materiais deve vir acompanhada da análise de vida útil de cada edificação, de modo a comparar os benefícios também durante o período de utilização do edifício, objetivo maior de sua criação. As mudanças efetuadas sempre devem ter como objetivo que a duração da edificação não se reduza, ou se por acaso for reduzida, isto deva ser levado em conta na escolha. Na comparação feita entre a casa padrão e a casa alterada, o ganho em energia de 29% para a construção da casa final alterada não se reflete na análise da vida útil. Para 50 anos de construção, o investimento em energia para a manutenção da casa é 9,5% menor para a casa alterada.

As mudanças que surtem efeito reduzindo o valor total em energia de uma construção não servem para atestar que esta construção é mais sustentável do que a outra. Quando se analisam as reservas disponíveis para a construção de uma ou outra alternativa, verifica-se que a produção em larga escala de uma casa com energia total menor pode impactar muito mais na reserva daquele material do que a produção com valor total em energia maior. O bloco de gesso, quando substituto do tijolo baiano, produz uma diminuição no valor total de energia da casa, porém, se utilizado em larga

escala, compromete as reservas disponíveis de sua matéria prima em menor tempo, do que a construção com tijolos baianos.

Os indicadores calculados, tanto para as casas estudadas com a TCPO quanto para as estimadas pela NBR 12721, poderão ser utilizados na projeção de investimentos, análise de construções com metodologias diferentes ou de construções em regiões/países diferentes. Ressalta-se que o indicador Em/m² área urbana pode ser útil para levantamentos de energia de cidades e países.

A fabricação de um material pode variar de estado para estado, país para país, e a energia por unidade destes materiais deve acompanhar estas mudanças, através da memória de energia necessária para a fabricação de cada um dos recursos empregados.

A energia pode, portanto, ser uma ferramenta para análise da utilização de determinados recursos para a construção de um edifício e na tomada de decisões. No entanto, suas análises devem levar em consideração, no mínimo, a regionalidade das soluções, a energia do material empregado e a reserva deste material. Para uma análise dos investimentos governamentais ainda sugere-se a inclusão das áreas livres de ocupação região por região e os déficits existentes.

7. Propostas para Pesquisas Futuras

A metodologia em emergia depende diretamente dos cálculos da emergia por unidade dos materiais que são utilizados, levando em consideração a real memória energética destes, desde o seu local de extração, a mão de obra empregada, as fontes utilizadas. Estudos que levem em consideração os padrões brasileiros para cimento, concreto, areia, pedra, blocos de gesso, tijolos baianos, blocos de concreto reciclado com borracha, telhas de fibrocimento entre outros materiais nos cálculos de emergia por unidade, podem aprofundar o cálculo em emergia deste estudo.

A contabilidade ambiental em emergia possui indicadores calculados com base nos fluxos renováveis (R), não renováveis (N) ou provenientes da economia (F). Atribuir a porcentagem de emergia embutida para cada um destes fluxos pode auxiliar na tomada de decisões quando efetuadas as substituições de materiais.

Substituições de outros materiais, melhorias nas produtividades dos materiais e outras técnicas construtivas devem ser efetuados não só para a casa padrão, mas para prédios e outras edificações residenciais, visto o déficit habitacional do Brasil.

Aprofundar os estudos em construções verticais, expandindo os cálculos da NBR 12721 para cálculos mais subjetivos, onde mais fatores são considerados e avaliar o poder das substituições ou os gargalos nas etapas construtivas também são muito interessantes.

Expandir os cálculos para outras utilidades, como construções de hospitais, shoppings, estradas, universidades, barragens, entre outros, devem ser efetuados em emergia.

Analisar as políticas públicas em vigor e sugerir novas políticas de incentivo, com base na metodologia em emergia, podem apresentar resultados surpreendentes e devem fazer parte da bibliografia utilizada pelos tomadores de decisão, os governantes.

8. Referências Bibliográficas

ABNT NRB 12721:2006. Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios e edifícios – Procedimento. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2007.

Anuário Mineral Brasileiro 2006. Elaborado pelo DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral), Ministério de Minas e Energia.

BROWN, M.T.; BURANAKARN, V. Emergy indices and ratios for sustainable material cycles and recycle options. *Resources, Conservation and Recycling*. 38, p. 1-22, 2003.

BROWN, M.T.; ULGIATI, S. Emergy evaluations and environmental loading of electricity production systems. *Journal of Cleaner Production*. 10, p. 321-334. 2002.

BURANAKARN, V. Evaluation of recycling and reuse of building materials using the emergy analysis method. Tese – University Flórida, EUA, 1998.

CASAGRANDE, E.F.J. Princípios e Parâmetros para a Construção Sustentável. Artigo extraído do site www.idhea.com.br. (acessado em maio de 2010).

ETERNIT – Carta Comercial emitida em 24/08/2010 quanto a durabilidade de peças de fibrocimento.

FEDERICI, M.; ULGIATI, S.; VERDESCA, D.; BASOSI, R. Efficiency and sustainability indicators for passenger and commodities transportation systems - The case of Siena, Italy. *Ecological Indicators*. 3, p. 155-169, 2003.

FERREIRA, M.J.; OLIVEIRA, A.P.; SOARES, J.; BÁRBARO, E.W.; SILVA, M. Evolução diurna no balanço de radiação na superfície da cidade de São Paulo, Brasil. 8º Congresso Iberoamericano de Ingenieria Mecanica, Outubro de 2007.

FIORITTI, C.F.; AKASAKI, J.L. Fabricação de blocos de concreto com resíduos de borracha de pneus. Universidade Estadual Paulista – Campus Ilha Solteira – (acessado pelo site da UNESP, www.feis.unesp.br, em outubro de 2010)

FUNDESPA - Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da UGRHI 11, elaborado pela FUNDESPA (Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas), acessado pelo site www.fundespa.com.br em outubro de 2010.

GIANNETTI, B.F.; ALMEIDA, C.M.V.B. Ecologia Industrial. Editora Edgard Blücher, São Paulo, 2006.

GUARNETTI, R. L. Estudo da Sustentabilidade Ambiental do Cultivo Comercial do Bambu Gigante: Produção de Colmos e Brotos. Dissertação – Universidade Paulista, Brasil, 2007.

GUIMARÃES, G.D. Análise Energética na Construção de Habitações. Dissertação – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil, 1985.

HAUKOOS, D. Sustainable Architecture and its relationship to industrialized building. Dissertação - University Flórida, EUA, 1995.

KUHN, E. A. Avaliação da sustentabilidade ambiental do protótipo de habitação de interesse social Alvorada. Dissertação – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 2006.

MAGALHÃES, A.G. Caracterização e análise macro e microestrutural de concretos fabricados com cimentos contendo escórias de alto forno. Tese – Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil, 2007.

MEILLAUD, F. Evaluation of the solar experimental LESO building using the emergy method. Tese – Swiss Federal Institute of Technology, Lausanne, Swiss, 2003.

MEILLAUD, F.; GAY, J.B.; BROWN, M.T. Evaluation of a building using the emergy method. Solar Energy. 79, p. 204-212, 2005.

Ministério das Cidades – Relatório do Déficit Habitacional 2008, publicado em 23 de junho de 2010.

ODUM, H. T. Environmental Accounting: Emergy and Environmental Decision Making. New York:

John Willey & Sons, INC, EUA, 1996.

ODUM, H. T.; BROWN, M.T.; Brandt-Williams, S. Handbook of Emergy Evaluation – A Compendium of Data for Emergy Computation Issued in a Series of Folios. Fólio # 1: Introduction and Global Budget. Center for Environmental Policy - Environmental Engineering Sciences. - University of Florida, EUA, 2000.

Prefeitura Municipal de São Paulo, Lei 13.885, Código de obras e Zoneamento da Cidade de São Paulo, 2004.

PULSELLI, R. M.; SIMONICINI, E.; PULSELLI, F.M.; BASTIANONI, S. Emergy analysis of building manufacturing, maintenance and use: Em-building indices to evaluate housing sustainability. Energy and Buildings. 39, p. 620-628, 2007.

PULSELLI ⁽¹⁾, R. M.; SIMONICINI, E.; MARCHETTINI, N. Energy and emergy based cost-benefit evaluation of building envelopes relative to geographical location and climate. Building and Environment. P. 1-9, 2008.

PULSELLI ⁽²⁾, R. M.; SIMONICINI, E.; RIDOLFI, R.; BASTIANONI, S. Specific emergy of cement and concrete: An energy-based appraisal of building materials and their transport. Ecological Indicators. 8, p. 647-656, 2008.

Revista Construção e Mercado, Edição nº70. Editora PINI, maio 2007.

Revista Indústria Brasileira – Ano 7, Edição nº74, Abril, 2007. Revista Mensal do Sistema Indústria.

SANTOS, A. P. Z. Contabilidade em emergia de cursos de graduação da Universidade Paulista: Engenharia, Farmácia e Administração. Dissertação – Universidade Paulista, Brasil, 2010.

SIMONICINI, E. Analisi Emergetica di un edificio: effetti ambientali di materiali e tecniche della bioarchitettura. Tese – Facoltà do Scienze Matematiche Fisiche Naturali, Itália, 2005.

SindusconSP – Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil, São Paulo, 2005.

SOBRINHO, C.W.A.P. Vedações verticais em alvenaria de bloco de gesso para estruturas aporricadas de concreto armado – projeto, execução e desempenho. Documento técnico do ITEP (Instituto de Tecnologia de Pernambuco) nº 001/09 LTH/ITEP.

STACHERA, T. J. Avaliação de emissões de CO₂ na construção civil: um estudo de caso da habitação de interesse social no Paraná. Dissertação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

KUHN, E. A. Avaliação da sustentabilidade ambiental do protótipo de habitação de interesse social Alvorada. Dissertação – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 2006.

Tabela de Composições de Preços para Orçamentos (TCPO), 8ª Edição, Ed. PINI, 1986.

Tabela de Composições de Preços para Orçamentos (TCPO), 13ª Edição, Ed. PINI, 2008.

Notas de aula da Disciplina Produção e Meio Ambiente – anos 2008 e 2009.

SITES:

- Governo Federal Brasileiro – www.brasil.gov.br (acessado em março de 2009 e abril de 2010)
- Casa & Construção – www.cec.com.br (acessado em março de 2009 e abril de 2010)
- Revista Sustentabilidade (acessado em abril de 2010).
- Eternit – www.eternit.com.br (acessado em abril de 2010).
- Dominik – www.dominik.com.br (acessado em abril de 2010).
- Instituto para o Desenvolvimento para a Habitação Ecológica – www.idhea.com.br (acessado em março de 2010).

Anexos

Anexo A. Transformidades e coeficientes utilizados neste trabalho	pg.89
Anexo A.1. Transformidade/Emergia por unidade utilizados neste trabalho	pg.89
Anexo A.2. Lista de dados utilizados	pg.91
Anexo B. Cálculo em emergia das casas	pg.94
Anexo B.1. Cálculo em emergia da casa padrão	pg.94
Anexo B.2. Cálculo em emergia “casa substituição 1”	pg.125
Anexo B.3. Cálculo em emergia “casa substituição 2”	pg.129
Anexo B.4. Cálculo em emergia “casa substituição 3”	pg.133
Anexo B.5. Cálculo em emergia “casa substituição 4”	pg.145
Anexo B.6. Cálculo em emergia “casa substituição 5”	pg.150
Anexo B.7. Cálculo em emergia “casa substituição 6”	pg.155
Anexo B.8. Cálculo em emergia “casa substituição 7”	pg.160
Anexo B.9. Cálculo em emergia “casa final ”	pg.166
Anexo B.10. Cálculo em emergia da casa padrão com mão de obra (MO) de produtividade máxima	pg.191
Anexo B.11. Cálculo em emergia da casa padrão com mão de obra (MO) de produtividade mínima	pg.208
Anexo C. Cálculo para o Capítulo 5 – Expandindo as discussões	pg.226
Anexo C.1. Cálculo das reservas naturais	pg.226
Anexo C.2. Cálculo das casas padrão ABNT NBR 12721:2006	pg.230
Anexo C.3. Cálculo dos indicadores	pg.239
Anexo D. Imagens de casas estudadas e de alguns materiais utilizados	pg.242
Anexo D.1. Imagens da Casa estudada	pg.242
Anexo D.2. Imagens de alguns materiais utilizados	pg.244
Anexo E. Dados para elaboração das figuras	pg.245

Anexo A. – Transformidades e Coeficientes utilizados neste trabalho

Anexo A.1. – Transformidade/Emergia por unidade utilizados neste trabalho

Todas as transformidades, emergias específicas ou emergias por unidade utilizadas neste estudo estão na linha de base $15,83 \times 10^{24}$ sej/ano (Odum, 2000).

Tabela A.1.1. – Tabela de Emergias por unidade utilizadas neste trabalho.

Fonte	Recurso	Unidade da emergia por unidade	Valor da emergia por unidade (sej/un.)
1	Aço	sej/kg	6,97E+12
1	Alumínio	sej/kg	2,13E+13
1	Argila (tijolo)	sej/kg	4,80E+12
1	Desmoldante	sej/kg	2,55E+13
1	Emulsão Asfáltica	sej/kg	2,55E+13
1	estanho	sej/kg	6,97E+12
1	Ferro	sej/kg	6,97E+12
1	PVC	sej/kg	9,86E+12
1	Tinta	sej/kg	2,55E+13
2	Cimento / Fibrocimento	sej/kg	3,04E+12
3	Mão de obra	sej/J	1,24E+07
4	Areia	sej/kg	1,68E+12
4	Cal	sej/kg	1,68E+12
4	Pedra	sej/kg	1,68E+12
5	Vidros	sej/kg	1,41E+12
6	Cobre	sej/kg	1,04E+14
7	Água	sej/m ³	7,75E+11
7	Energia Elétrica	sej/J	2,69E+05
7	Madeira	sej/kg	8,79E+11
7	Plástico	sej/kg	5,75E+12
8	Gesso	sej/kg	3,29E+12
9	Material orgânico do solo	sej/J	1,24E+06
10	Energia Solar	sej/J	1,00E+00
11	Cerâmica Esmaltada	sej/kg	5,14E+12
12	Plástico Reciclado	sej/kg	1,06E+13

Referências as fontes listadas e observações adotadas neste estudo:

1. Emergias específicas retiradas da tabela 1, letra C, do artigo “Emergy analysis of building manufacturing, maintenance and use: Em-building indices to evaluate housing sustainability” (Pulselli et al, 2007). Para emulsão asfáltica e desmoldantes foram consideradas as mesmas transformidades da tinta deste trabalho.
2. Emergias específicas calculadas no artigo “Specific emergy of cement and concrete: An energy-based appraisal of building materials and their transport” (Pulselli et al, 2008).

3. Transformidade retirada da tabela 1, letra G, do artigo "Specific emergy of cement and concrete: An energy-based appraisal of building materials and their transport" (Pulselli et al, 2008).
4. Emergias específicas retiradas da tabela 1, letra C, do artigo "Specific emergy of cement and concrete: An energy-based appraisal of building materials and their transport" (Pulselli et al, 2008).
5. Emergia específica retirada da tabela 1, letra E, do artigo "Emergy analysis of building manufacturing, maintenance and use: Em-building indices to evaluate housing sustainability" (Pulselli et al, 2007).
6. Emergia específica retirada da tabela 1, letra G, do artigo "Emergy analysis of building manufacturing, maintenance and use: Em-building indices to evaluate housing sustainability" (Pulselli et al, 2007).
7. Emergias por unidade retiradas da pg.54 da dissertação de mestrado "Contabilidade Ambiental em Emergia de Cursos de Graduação da Universidade Paulista: Engenharia, Farmácia e Administração (Santos, 2010).
8. Emergia específica retirada da tabela 1, letra D, do artigo "Emergy analysis of building manufacturing, maintenance and use: Em-building indices to evaluate housing sustainability" (Pulselli et al, 2007).
9. Transformidade retirada do Apendice A da Tese de Doutorado "Analisi Emergetica de um edifício: effetti ambientali di materiali e tecniche" (Simoncini, 2005).
10. Odum – por definição.
11. Emergia por unidade da tabela 2 do artigo "Emergy indices and ratios for sustainable"). (Brown e Buranakarn, 2003) e corrigida para a linha de base $15,83 \times 10^{24}$ sej/ano (Odum, 2000).
12. Não foi encontrado a emergia por unidade para a borracha reciclada. Para efeito de comparação utilizou-se a emergia por unidade do plástico reciclado da página 73 do trabalho de Buranakarn (Buranakarn, 1998), corrigida para a linha de base $15,83 \times 10^{24}$ sej/ano (Odum, 2000).

Anexo A.2. – Lista de dados utilizados.

Os dados abaixo são utilizados nos anexos B e C. Parte deles são calculados neste próprio trabalho e outra parte foi retirada em sites de venda destes materiais.

1. Areia – densidade = $1,15 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ (TCPO 8, 1986).
2. Brita (Pedra) – densidade = $1,35 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ (TCPO 8, 1986).
3. Conteúdo energético médio de substância orgânica = 5 kcal/g (Pulselli et al, 2007).
4. Metabolismo Humano = 125kcal/h (Pulselli et al, 2007).
5. Conversão de kcal para J. 1 J = 4186 kcal (Pulselli et al, 2007).
6. Chapa compensada resinada de 12mm. 1 placa de 1,10m x 2,20m possui massa de 6,5 kg. Densidade calculada = $6,5 / (1,10 \times 2,20 \times 0,012) = 223,83 \text{ kg/m}^3$. (site cec)
7. Pontalete. 1 pontalete com seção de 3"x3" e 3m de comprimento possui massa de 17 kg. Massa por m = $17/3 = 5,67 \text{ kg/m}$. (site cec)
8. Tábua de 1"x6" esp 25 mm larg 150mm. Densidade = $223,83 \text{ kg/m}^3$ (calculada acima). Cálculo da massa para 1 m^2 - ($223,83 \times 0,025 = \text{área}$). 1 m^2 possui 5,60kg. (site cec)
9. Viga de Peroba. 1 viga de 6x16x600cm possui massa de 63,00 kg. Densidade calculada = $1093,75 \text{ kg/m}^3$. 1m da viga de 6x12 possui 7,875kg. (site cec).
10. Telha de fibrocimento (telhas de cimento reforçadas com fios sintéticos) (e=4mm), com comprimento de 1,22 m e largura de 0,506m pesa 4,5kg. Densidade calculada = $4,5 / (0,004 \times 1,22 \times 0,506) = 1822,39 \text{ kg/m}^3$. Para 1 m^2 tem-se: 7,29 kg. (site Eternit e Imbralit).
11. 1 unidade de cumeeira normal de fibrocimento esp 6mm e larg util de 1050 mm pesa 9,7kg. (site Eternit e Imbralit).
12. Betoneira. Pela TCPO, pg. 522 item 22.300.9.2.5 indica que para 1 hora de produção consome-se 1 h de ajudante, 1,50kW de energia elétrica. Para os cálculos deste trabalho, adotamos que 1 hprod possui 1 hora de ajudante, não possui gasto elétrico (o mesmo já se encontra na estimativa de consumo mensal de elétrica para obra) e depreciação de 1/10000 da massa do equipamento. A betoneira necessária possui massa de 160kg de aço. Onde concluí-se que 1 hprod possui 0,016kg de depreciação. Estes valores serão distribuídos dentro dos sub-serviços (sub etapas). (TCPO, 2008)
13. Água. Utilizado o coeficiente de $0,012 \text{ m}^3$ de água por hora homem de trabalho. Segundo a fonte consultada, o índice médio de $0,012 \text{ m}^3$ de água por hora homem de trabalho engloba todos os valores de água utilizados na construção, tanto para fabricação de concreto, cura de laje, liga de argamassa como para o consumo médio do operário nas necessidades sanitárias. (Revista Sustentabilidade).
14. Consumo de energia elétrica durante a execução da obra = $9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2$ (Mascaró, 1983).
15. Insolação média da cidade de São Paulo $4,14 \text{ kWh/m}^2 = 1,49 \times 10^7 \text{ J/m}^2$. (Santos, 2010).
16. Albedo médio da cidade de São Paulo = 0,11.
17. Sarrafo de 1"x3" espessura 25 mm larg 75mm. Densidade = $223,83 \text{ kg/m}^3$ (calculada anteriormente). Cálculo da massa para 1 m - ($223,83 \times 0,025 \times 0,075 = \text{perímetro}$). 1m possui 0,42 kg. (site cec).
18. Tábua de 1"x12" esp 25 mm larg 300mm. Densidade = $223,83 \text{ kg/m}^3$ (calculada acima). Cálculo da massa para 1 m^2 - ($223,83 \times 0,025 = \text{área}$). 1 m^2 possui 5,60kg. (site cec).
19. Massa de plástico por espaçador = 0,004 kg. (site cec).
20. Desmoldante. Considerada densidade de 1,4Kg para 1 litro de desmoldante. (site cec).
21. Vibrador. Pela TCPO, pg. 525 item 22.300.9.10.1 indica que para 1 hora de produção consome-se 1 h de ajudante, 0,75Kw de energia elétrica. Para os cálculos deste trabalho, adotamos que 1 hprod possui 1 hora de ajudante, não possui gasto elétrico (o mesmo já se encontra na estimativa de consumo mensal de elétrica para obra) e depreciação de 1/20000 da massa do equipamento. O motor vibrador + a mangueira vibradora (35mm)

- possui massa de 32kg de aço. Onde concluí-se que 1 hprod possui 0,0016kg de depreciação. Estes valores serão distribuídos dentro dos sub-serviços (sub etapas). (TCPO, 2008)
22. Tábua de 1"x8" esp 25 mm larg 200mm. Densidade = 223,83 kg/m³ (calculada acima). Cálculo da massa para 1 m - (223,83x0,025x0,200=perímetro). 1m possui 1,12kg. (site cec)
 23. Tábua de 1"x6" esp 25 mm larg 150mm. Densidade = 223,83 kg/m³ (calculada acima). Cálculo da massa para 1 m - (223,83x0,025x0,150=perímetro). 1m possui 0,84kg. (site cec)
 24. Tábua de esp 10 mm larg 120mm. Densidade = 223,83 kg/m³ (calculada acima). Cálculo da massa para 1 m - (223,83x0,010x0,120=perímetro). 1m possui 0,27kg. (site cec)
 25. Massa de um tijolo baiano é de 3kg. (site portal construir)
 26. Massa do parafuso com rosca soberba = 13g. (site cec)
 27. Massa do conjunto de vedação elástica = 0,008kg. (site cec)
 28. Telha de fibrocimento (telhas de cimento reforçadas com fios sintéticos) (e=6mm), com comprimento de 2,13 m e largura de 1,10 pesa 28,4kg. Densidade calculada = $28,4/(0,006 \times 2,13 \times 1,10) = 2020,20 \text{ kg/m}^3$. Para 1 m² tem-se: 12,12 kg. (site Eternit e Imbralit).
 29. 1 unidade de cumeeira normal de fibrocimento esp 6mm e larg util de 1050 mm pesa 9,7kg. (site Eternit e Imbralit).
 30. 1 chapa galvanizada 26 espessura 0,50mm medindo 1,00x2,50m possui 10 kg de massa. Massa de 1,2kg por m (chapa galvanizada Dominik), considerando a espessura de 25 cm. (site dominik).
 31. 1 peça similar ao Rufo de fibrocimento com espessura de 5mm e comprimento de 1,10m possui 5,5kg. Massa linear = 5kg. Considerando que cada peça tem 25 cm, conclui-se que cada peça tem $5/4 = 1,2 \text{ kg}$. (site Eternit e Imbralit).
 32. 1 placa de gesso 1,2 x 1,8 m com espessura de 12,5mm possui 35kg. 1 m² possui 16,20 kg. (site cec).
 33. 1 chapa galvanizada 26 espessura 0,50mm medindo 1,00x2,50m possui 10 kg de massa. Massa de 1,2kg por m (chapa galvanizada Dominik), considerando a largura de 30 cm. O batente possui aproximadamente (vide desenho) 15 cm de largura, ou seja, massa de 0,6 kg por m. (site dominik)
 34. Densidade da madeira cedrinho = 223,83 kg/m³. Para uma espessura de 3,5 cm (0,035m) de porta, tem-se $7,83 \text{ kg/m}^2$. (site cec).
 35. Fechadura modelo ST 240 da Yale La fonte, código 657549 da CeC pesa 0,54 kg. (site cec).
 36. Conjunto de 3 dobradiças ref 1295 código 363421 do site CeC pesa 0,55 kg marca fama. (site cec).
 37. Cerâmica. 1 cx do piso Almond Basic Mate 30x30 possui 1,57m². Fabricante Cecrisa código 939676 site CeC. Peso da caixa = 15,44 kg. Concluí-se que 1m² possui = 9,83kg. (site cec).
 38. 1m de rodapé cerâmico com 8cm de altura possui 0,08m². (site cec).
 39. Azulejo. 1 cx do azulejo branco piscina 15x15 possui 1,50m². Fabricante Eliane código 371033 site cec. Peso da caixa 10,65. Concluí-se que 1m² possui = 7,10kg. (site cec).
 40. Para efeito de estudo a argamassa pré fabricada (REJUNTE) foi considerado como cimento.
 41. Considerando que os materiais (zarcão, esmalte, água raz, desmoldantes) são considerados tinta.
 42. Todos os materiais para colagem estão sendo considerados como tinta. Adotando-se que a solução limpadora de PVC possui densidade igual a da tinta, onde 18l correspondem a 25 kg, temos que 1 l equivale a 1,39 kg. Este item soma adesivo para PVC e solução limpadora
 43. Considerando que 1 barra de PVC marrom diam 32 mm possui 0,914kg para 1 barra de 3m. Conclui-se que 1m possui 0,305kg. (site cec).
 44. Considerando que 1 anel de borracha possui 0,03kg (site CeC).
 45. Considerando que 1 barra de PVC br diam 100 mm possui 0,89kg para 1m. (site cec).
 46. 1 registro gaveta pesa 0,470kg e seu material é cobre. (site cec).

47. 1m de fita veda rosca, considerada de telfon (neste caso consideramos plástico) possui massa de 0,001 kg por m. (site cec).
48. Eletroduto de PVC rígido 1" possui 0,4kg/m. (site cec).
49. Considerando que 1 rolo de 100m de cabinho 2,5mm² possui 3,2kg. Isto é, 1m cabinho possui 0,032g. Considerando que 80% é cobre e 20% PVC. (site cec).
50. Considerando a massa de gesso + massa de cada bloco de gesso necessário. 1 bloco de gesso de 55x66x10 possui 32 kg por unidade. 1 bloco de 50x50x10 possui 24,02 kg por unidade. (site knauf)
51. Considerando que 1m² de telha de PVC possui 2kg. (site Eternit e Imbralit).
52. Considerando que a arruela de pvc possui massa de 4g por unidade
53. 1 unidade de cumeeira normal de fibrocimento esp 6mm e larg util de 1050 mm pesa 9,7kg. (site Eternit e Imbralit).
54. Considerando que 1 porta de PVC 0,84x2,10 possui 5kg de massa por unidade. (site cec).
55. Considerando que 1 porta de PVC 0,72x2,10 possui 4kg de massa por unidade. (site cec).
56. Adotando massa de 3 g por arrebite. (site cec).
57. Considerando que a espume de poliuretano possui densidade de 20kg/m³ = 0,020kg/l. Considerando que esta espuma é de plástico.(TCPO, 2008).
58. Considerando que 1 bloco de concreto convencional nas dimensões 9x19x39 cm possui 7 kg. Desta massa, 15% é de cimento, 5% de água e 80% de agregados (sendo 40% para areia e 40% para pedra). 1 bloco de concreto tem 1,05kg de cimento; 0,35kg de água = 0,35x10⁻³ m³; 2,8kg de areia e 2,8kg de pedra. (Fioritti, 2010)
59. Considerando que 1 bloco de concreto reciclado nas dimensões 9x19x39 cm possui 7 kg. Desta massa, 10,22% é de cimento, 5,77% de água, 64,01% de agregados (sendo 41,13% para areia e 22,88% para pedra) e 20% resíduos de borracha. 1 bloco de concreto tem 0,72kg de cimento; 0,40kg de água = 0,40x10⁻³ m³; 2,88kg de areia; 1,6kg de pedra e 1,4kg de borracha. (Fioritti, 2010)

Anexo B. – Cálculo em energia das casas

Anexo B.1. – Cálculo em energia da casa padrão

Tabela B.1.1 – Quantidade total do levantamento das 10 etapas da casa padrão, ordenado em ordem alfabética do recurso, na unidade correspondente do levantamento e sua transformação para energia.

Recurso	Unidade do levantamento (un.)	Quantidade total dos recursos (un.)	Unidade da Energia por unidade (sej/un.)	Energia por Unidade / Transformidade (sej/un.)	Energia (sej)	Ref.
Aço	kg	6,42E+02	sej/kg	6,97E+12	4,47E+15	1
Água	m ³	3,11E+01	sej/m ³	7,75E+11	2,41E+13	7
Alumínio	kg	0,00E+00	sej/kg	2,13E+13	0,00E+00	1
Areia	kg	2,71E+04	sej/kg	1,68E+12	4,55E+16	4
Argila (tijolo)	kg	9,03E+03	sej/kg	4,80E+12	4,33E+16	1
Cal	kg	5,85E+02	sej/kg	1,68E+12	9,82E+14	4
Cerâmica Esmaltada	kg	1,09E+03	sej/kg	5,14E+12	5,62E+15	11
Cimento / Fibrocimento	kg	8,43E+03	sej/kg	3,04E+12	2,56E+16	2
Cobre	kg	9,97E+00	sej/kg	1,04E+14	1,04E+15	6
Desmoldante	kg	2,88E+00	sej/kg	2,55E+13	7,33E+13	1
Emulsão Asfáltica	kg	3,90E+01	sej/kg	2,55E+13	9,94E+14	1
Energia elétrica	J	2,23E+09	sej/J	2,69E+05	6,00E+14	7
Estanho	kg	4,46E-01	sej/kg	6,97E+12	3,11E+12	1
Ferro	kg	1,85E+01	sej/kg	6,97E+12	1,29E+14	1
Gesso	kg	9,25E+01	sej/kg	3,29E+12	3,04E+14	8
Madeira	kg	2,91E+03	sej/kg	8,79E+11	2,56E+15	7
Mão de obra	J	1,36E+09	sej/J	1,24E+07	1,69E+16	3
Pedra	kg	1,95E+04	sej/kg	1,68E+12	3,27E+16	4
Plástico	kg	1,07E+01	sej/kg	5,75E+12	6,14E+13	7
PVC	kg	1,01E+02	sej/kg	9,86E+12	9,94E+14	1
Energia Solar	J	2,54E+08	sej/J	1,00E+00	2,54E+08	10
Material Orgânico do Solo	J	1,49E+10	sej/J	1,24E+06	1,85E+16	9
Tinta	kg	8,74E+01	sej/kg	2,55E+13	2,23E+15	1
Vidros	kg	3,79E+01	sej/kg	1,41E+12	5,34E+13	5
Total					2,03E+17	

Tabela B.1.1. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em energia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nas etapas de obra; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recurso; Coluna 4 – Unidade de energia por unidade para conversão das quantidades encontradas em Energia; Coluna 5 – Valor da Energia por unidade; Coluna 6 – Valor em energia do recurso. Trata-se do produto da coluna 3 com a coluna 5; Coluna 7 – Fonte da transformidade ou energia por unidade utilizada para conversão (vide anexo A).

A coluna 3 da tabela B.1.1. é formada pela soma das etapas 1 a 10, conforme demonstrado na tabela B.1.2.

Tabela B.1.2 – Quantidade de recursos por etapa da obra da casa padrão.

Recurso	Un.	Quantidade										
		Total dos recursos	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5	Etapa 6	Etapa 7	Etapa 8	Etapa 9	Etapa 10
Aço	kg	6,42E+02	1,19E+01	3,30E+02	2,19E+02	0,00E+00	7,49E+01	2,41E-01	6,57E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Água	m ³	3,11E+01	2,16E+00	2,65E+00	2,15E+00	3,00E+00	3,21E+00	4,64E+00	1,67E+00	6,97E+00	2,32E+00	2,37E+00
Alumínio	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Areia	kg	2,71E+04	7,31E+02	4,41E+03	8,43E+03	2,22E+03	0,00E+00	7,91E+03	1,63E+02	3,11E+03	5,23E+01	4,48E+01
Argila (tijolo)	kg	9,03E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,03E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cal	kg	5,85E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,88E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,84E+02	6,78E+00	5,81E+00
Cerâmica Esmaltada	kg	1,09E+03	0,00E+00	1,09E+03	0,00E+00	0,00E+00						
Cimento / Fibrocimento	kg	8,43E+03	2,99E+02	1,44E+03	2,31E+03	2,88E+02	9,07E+02	2,39E+03	4,00E+01	7,48E+02	6,39E+00	5,48E+00
Cobre	kg	9,97E+00	0,00E+00	2,82E+00	7,15E+00							
Desmoldante	kg	2,88E+00	0,00E+00	2,22E+00	6,59E-01	0,00E+00						
Emulsão Asfáltica	kg	3,90E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,90E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energia elétrica	J	2,23E+09	2,23E+08									
Estanho	kg	4,46E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,46E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Ferro	kg	1,85E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,85E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Gesso	kg	9,25E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,25E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Madeira	kg	2,91E+03	5,49E+02	4,67E+01	3,40E+02	0,00E+00	1,91E+03	0,00E+00	6,25E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Mão de obra	J	1,36E+09	9,43E+07	1,17E+08	9,53E+07	1,31E+08	1,40E+08	2,02E+08	7,29E+07	3,04E+08	1,01E+08	1,03E+08
Pedra	kg	1,95E+04	7,90E+02	4,91E+03	1,38E+04	0,00E+00						
Plástico	kg	1,07E+01	0,00E+00	7,87E+00	1,42E+00	0,00E+00	1,38E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8,40E-03	0,00E+00
PVC	kg	1,01E+02	0,00E+00	5,88E+01	4,19E+01							
Energia Solar	J	2,54E+08	2,54E+07									
Material Orgânico do Solo	J	1,49E+10	1,17E+10	3,18E+09	0,00E+00							
Tinta	kg	8,74E+01	0,00E+00	8,70E+01	3,97E-01	0,00E+00						
Vidros	kg	3,79E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,79E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela B.1.2. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nas etapas de obra; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma das etapas 1 a 10 – colunas 4 à 13); Coluna 4 – Etapa 1 – Canteiro de Obra e Serviços Preliminares; Coluna 5 – Etapa 2 – Fundação; Coluna 6 – Etapa 3 – Superestrutura; Coluna 7 – Etapa 4 – Fechamentos Internos e Externos; Coluna 8 – Etapa 5 – Cobertura; Coluna 9 – Etapa 6 – Revestimento Grosso e Impermeabilização; Coluna 10 – Etapa 7 – Esquadrias; Coluna 11 – Etapa 8 – Revestimento Fino e Acabamentos; Coluna 12 – Etapa 9 – Instalações Hidráulicas; Coluna 15 – Etapa 10 – Instalações Elétricas.

Etapa 1 – Instalação do Canteiro de Obras e Serviços Preliminares

A etapa 1 possui 3 serviços. O total dos recursos é a soma dos serviços 1, 2 e 3. A tabela B.1.3. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.1.3 – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 1 da casa padrão

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos para esta etapa	Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3
Aço	kg	1,19E+01	1,00E+01	0,00E+00	1,87E+00
Água	m ³	2,16E+00	1,80E+00	1,75E-01	1,82E-01
Areia	kg	7,31E+02	7,31E+02	0,00E+00	0,00E+00
Cimento / Fibrocimento	kg	2,99E+02	2,99E+02	0,00E+00	0,00E+00
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Madeira	kg	5,49E+02	5,07E+02	0,00E+00	4,26E+01
Mão de obra	J	9,43E+07	7,87E+07	7,63E+06	7,94E+06
Pedra	kg	7,90E+02	7,90E+02	0,00E+00	0,00E+00
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Material Orgânico do Solo	J	1,17E+10	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela B.1.3. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em energia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma dos serviços 1 a 3 – colunas 4 à 6); Coluna 4 – Serviço 1; Coluna 5 – Serviço 2; Coluna 6 – Serviço 3.

Serviço 1 – etapa 1 – Abrigo provisório de madeira (TCPO – pg. 53 – item 01520.8.1.1)

Considerando 10 m² de abrigo provisório para guarda de materiais e escritório de obra.

Para um total de 10m² de abrigo provisório e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 67 horas de carpinteiro; 4 horas de pedreiro; 79,2 horas de servente; 0,6356 m³ de areia; 0,5852 m³ de pedra; 187,6 kg de cimento; 11,8 m² de chapa compensada resinada; 2 kg de prego 15x15; 8 kg de prego 18x27; 43,9m de pontalete 3"x3" de cedrinho; 21,1 m² de tábua 1"x6" espessura 25mm; 13,7 m de viga de peroba; 11,9 m² telha de fibrocimento ondulada 4mm com largura útil de 1,15m; 2,5 unidades de cumeeira para telha de fibrocimento; 0,245 hprod betoneira 2 HP capacidade de 400l.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de carpinteiro, pedreiro, servente = 150,2 horas.
Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = (horas somadas de carpinteiro, pedreiro e servente + horas de servente operando betoneira) x 125 kcal/h x 4186 J/kcal = 150,445 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 7,87x10⁷ J.

Areia = m³ de material x densidade = 0,6356m³ x 1,15x10³ kg/m³ = 7,31x10²kg.

Pedra = m³ de material x densidade = 0,5852m³ x 1,35x10³ kg/m³ = 7,90x10²kg.

Cimento/Fibrocimento = massa de cimento + massa de telhas de fibrocimento + massa de cumeeira = 187,6 + (11,9x7,29) + (2,5x9,7) = 2,99x10² kg.

Madeira = massa da chapa resinada + massa do pontalete + massa da tábua + massa da viga de peroba = (espessura x área x densidade) + (comprimento do pontalete x massa por comprimento de pontalete) + (área da tábua x massa por área da tábua) + (comprimento de viga x massa por comprimento de viga) = (0,012 x 11,8 x 223,83) + (43,9 x 5,67) + (21,2 x 5,6) + (13,7 x 7,875) = 5,07x10² kg.

Aço = massa de prego 15x15 + massa de prego 18x27 + massa de aço da betoneira (depreciação) = 2 + 8 + (0,016x0,245) = 1,01x10¹ kg.

Água = (soma das horas trabalhadas de carpinteiro, pedreiro, servente)x(coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 150,445x0,012 = 1,80m³.

Serviço 2 – etapa 1 – Raspagem e limpeza manual do terreno (TCPO – pg. 64 – item 02230.8.3.1)

Considerado toda a área da edificação. Área = 7,84 x 7,44 = 58,33 m².

Para um total de 58,33 m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 14,5825 horas de servente.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente = 14,5825 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 14,5825 x 125 x 4186 = 7,63x10⁶.

Água = (soma das horas trabalhadas de servente)x(coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 15,5825x0,012 = 1,75x10⁻¹ m³.

Serviço 3 – etapa 1 – Locação da obra (gabarito) (TCPO – pg. 88 – item 02595.8.1.1)

Considerado toda a área da edificação. Área = 7,84 x 7,44 = 58,33 m².

Para um total de 58,33 m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 7,5829 horas de servente; 7,5829 horas de carpinteiro; 0,69996 kg prego 18x27; 1,1666 kg de arame recozido; 2,3332 m pontalete 3"x3" cedrinho; 5,2497 m² tábuas de cedrinho 1"x9".

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de carpinteiro, servente = 15,1658 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 15,1658 x 125 x 4186 = 7,94x10⁶ J.

Madeira = massa do pontalete + massa da tábua = (comprimento do pontalete x massa por comprimento de pontalete) + (área da tábua x massa por área da tábua) = (2,3332x5,67) + (5,2487x5,6) = 4,26x10¹ kg.

Aço = massa de prego 18x27 + massa de arame recozido = 0,69996 + 1,1666 = 1,87 kg.

Água = (soma das horas trabalhadas)x(coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 15,1658x0,012 = 1,82x10⁻¹ m³.

Serviços pertencentes a etapa 1 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.1.3.

- Perda de material orgânico do solo = Massa do Matéria orgânica do solo escavado x Porcentagem de matéria orgânica x Conteúdo energético x 4186 J/kcal = (volume do solo x densidade do solo) x (3%) x (5 kcal/g) x (4186 J/kcal) = (58,33x0,20 (espessura de solo a ser retirada) x 1600kg/m³) x (3%) x (5kcal/g) x (4186 J/kcal) = 1,17x10¹⁰ J.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = 58,33m² x (1,49x10⁷ J/m²) x 0,89 x (120/365 dias de construção) = 2,54x10⁸ J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = 2,54x10⁷ J.

- Energia elétrica = Estimando $9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2$, tem-se um consumo de $= 58,33 \text{ m}^2 \times 9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2 \times 4186 \text{ J/kcal} = 2,23 \times 10^9 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor $= 2,23 \times 10^8$.

Etapa 2 – Fundação

A etapa 2 possui 8 serviços. O total dos recursos é a soma dos serviços 1 à 8. A tabela B.1.4. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.1.4. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 2 da casa padrão.

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos para esta etapa	Serviço							
			Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4	Serviço 5	Serviço 6	Serviço 7	Serviço 8
Aço	kg	3,30E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,35E+01	4,28E+00	3,02E+02	1,55E-02	1,01E-03
Água	m ³	2,65E+00	2,43E-01	1,71E-02	2,85E-01	6,61E-01	4,36E-01	6,01E-01	2,28E-01	1,77E-01
Areia	kg	4,41E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,25E+03	0,00E+00	0,00E+00	3,16E+03	0,00E+00
Cimento / Fibrocimento	kg	1,44E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,31E+02	0,00E+00	0,00E+00	1,11E+03	0,00E+00
Desmoldante	kg	2,22E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,22E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00							
Madeira	kg	4,67E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,67E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Mão de obra	J	1,17E+08	1,06E+07	7,46E+05	1,24E+07	2,90E+07	1,90E+07	2,62E+07	1,05E+07	8,04E+06
Pedra	kg	4,91E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,33E+03	0,00E+00	0,00E+00	3,58E+03	0,00E+00
Plástico	kg	7,87E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,87E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00							
Material Orgânico do Solo	J	3,18E+09	0,00E+00							

Tabela B.1.4. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma dos serviços 1 a 8 – colunas 4 à 11); Coluna 4 – Serviço 1; Coluna 5 – Serviço 2; Coluna 6 – Serviço 3; Coluna 7 – Serviço 4; Coluna 8 – Serviço 5; Coluna 9 – Serviços 6; Coluna 10 – Serviço 7; Coluna 11 – Serviço 8.

Serviço 1 – etapa 2 – Escavação manual de vala (TCPO – pg. 66 – item 02315.8.2.1)

Considerado que ocorre escavação manual de vala onde houver vigas baldrames de concreto. Todas as paredes devem ter vigas baldrames, exceto a de apoio da pia de cozinha americana.

Medição de alvenarias, de acordo com a planta da casa (m) = $3,05 + 3,08 + 7,30 + 0,8 + 1,70 + 3,35 + 1,45$ (medidas horizontais); $2,88 + 1,20 + 3,55 + 3,55 + 1,20 + 2,95 + 3,55$ (medidas verticais). Total em m de alvenarias: 39,61.

Volume de escavação para vigas baldrames: perímetro x largura x altura. Considerado altura de 40cm e largura de 40 cm, tem-se: Volume terra = $39,61 \times 0,4 \times 0,4 = 6,34 \text{ m}^3$.

Para um total de $6,34 \text{ m}^3$ e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 20,288 horas de servente.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em emergia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente = 20,288 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 20,288 x 125 x 4186 = $1,06 \times 10^7$ J.

Água = (soma das horas trabalhadas de servente)x(coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $20,288 \times 0,012 = 2,43 \times 10^{-1} \text{ m}^3$.

Serviço 2 – etapa 2 – Reaterro Manual de vala (TCPO – pg. 68 – item 02315.8.7.2)

Volume de Reaterro = Volume escavado - volume da viga de concreto

Volume escavado = $6,34 \text{ m}^3$

Volume das vigas de concreto = perímetro x largura x altura. Considerado altura de 40 cm e largura de 20 cm.

Volume de concreto = $39,61 \times 0,4 \times 0,2 = 3,17 \text{ m}^3$.

Para um total de $3,17 \text{ m}^3$ e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 1,4265 horas de servente.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente = 1,4265 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = $1,4265 \times 125 \times 4186 = 7,46 \times 10^5$ J.

Água = (soma das horas trabalhadas de servente)x(coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $1,4265 \times 0,012 = 1,71 \times 10^{-2} \text{ m}^3$.

Serviço 3 – etapa 2 – Apiloamento de fundo de vala (TCPO – pg. 68 – item 02315.8.8.2)

Área de apiloamento = Área do fundo da escavação para execução das vigas baldrames

Área = perímetro x largura de escavação.

Área = $39,61 \times 0,4 = 15,84 \text{ m}^2$.

Para um total de $15,84 \text{ m}^2$ e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 23,76 horas de servente.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente = 23,76 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = $23,76 \times 125 \times 4186 = 1,24 \times 10^7$ J.

Água = (soma das horas trabalhadas de servente)x(coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $23,76 \times 0,012 = 2,85 \times 10^{-1} \text{ m}^3$.

Serviço 4 – etapa 2 – Broca de Concreto Armado, controle tipo C (TCPO – pg. 80 – item 02465.8.1.1)

Adotando-se 12 brocas com 2m cada de profundidade

Comprimento total necessário = n° brocas x comprimento por broca

Comprimento total necessário = $12 \times 2 = 24 \text{ m}$

Para um total de 24m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 55,0704 horas de servente; $1,0865 \text{ m}^3$ areia; $0,2463 \text{ m}^3$ de pedra 1; $0,7389 \text{ m}^3$ pedra 2; 331,13 kg de cimento; 23,52 kg barras de aço; 0,3606 hprod betoneira elétrica de potência 2 HP.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente = 55,0704 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = (horas somadas de servente + horas de servente operando betoneira) x 125 kcal/h x 4186 J/kcal = 55,431 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $2,90 \times 10^7$ J.

Areia = m^3 de material x densidade = $1,0865m^3 \times 1,15 \times 10^3 \text{ kg}/m^3 = 1,25 \times 10^3 \text{ kg}$.

Pedra = m^3 de material x densidade = $(0,2463+0,7389)m^3 \times 1,35 \times 10^3 \text{ kg}/m^3 = 1,33 \times 10^3 \text{ kg}$.

Cimento = $3,31 \times 10^2 \text{ kg}$.

Aço = massa de barras de aço + massa de aço da betoneira (depreciação) = 23,52 + $(0,016 \times 0,3606) = 2,35 \times 10^1 \text{ kg}$.

Água = (soma das horas trabalhadas de servente)x(coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $55,0704 \times 0,012 = 6,61 \times 10^{-1} m^3$.

Serviço 5 – etapa 2 – Forma de madeira para fundação (TCPO – pg. 120 – item 03110.8.1.8)

Área de forma = perímetro de vigas de concreto x altura das vigas de concreto

Área de forma = $39,61 \times 0,4 = 15,84 m^2$.

Para um total de $15,84m^2$ e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 7,25472 horas de servente; 29,0664 horas de oficial; 0,9504 kg prego 17x21; 19,78416m sarrafo 1"x3"; $6,85872m^2$ tábuas 1"x12"; 1,584l de desmoldantes de forma; 1,7424kg de barras de aço; 1,584kg prego 17x27.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 36,32112 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = $36,32112 h \times 125 \text{ kcal}/h \times 4186 \text{ J}/\text{kcal} = 1,90 \times 10^7$ J.

Aço = massa de prego 17x27 + massa de prego 17x21 + massa de barras de aço = $0,9504 + 1,584 + 1,7424 = 4,28 \text{ kg}$.

Madeira = massa de sarrafo + massa de tábuas = (comprimento do sarrafo x massa por comprimento de sarrafo) + (área da tábuas x massa por área da tábuas) = $(19,78416 \times 0,42) + (6,85872 \times 5,6) = 4,67 \times 10^1 \text{ kg}$.

Desmoldante de forma = volume x densidade = $1,584 \times 1,4 = 2,22 \text{ kg}$.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $36,32112 \times 0,012 = 4,36 \times 10^{-1} m^3$.

Serviço 6 – etapa 2 – Armadura de aço para concreto de vigas baldrame (TCPO – pg.150 – item 03210.8.1.11)

Adotado taxa de $85 \text{ kg}/m^3$

Vconcreto = $3,17m^3$

Aço = Vconcreto x taxa de aço = $3,17 \times 85 = 269,45 \text{ kg}$

Para um total de 269,45kg e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 25,05885 horas de serventes; 25,05885 horas de oficial; 1966,985 unidades de espaçador circular de plástico; 296,395kg de barras de aço 10mm; 5,389 kg de arame recozido.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 50,1177 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 50,1177 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $2,62 \times 10^7$ J.

Aço = massa de arame recozido + massa de barras de aço = 5,389 + 296,395 = $3,02 \times 10^2$ kg.

Plástico = quantidade de espaçadores x massa unitária do espaçador = 1966,985 x 0,004 = 7,87kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $50,1177 \times 0,012 = 6,01 \times 10^{-1} \text{ m}^3$.

Serviço 7 – etapa 2 – Concreto para vigas baldrames (TCPO – pg.152 – item 03310.8.1.21)

Vconcreto = $3,17 \text{ m}^3$

Para um total de $3,17 \text{ m}^3$ e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 19,02 horas de serventes; $2,74839 \text{ m}^3$ de areia; $0,66253 \text{ m}^3$ de pedra 1; $1,98759 \text{ m}^3$ de pedra 2; 1106,33 kg de cimento; 0,97002hprod de betoneira elétrica 2HP.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente = 19,02 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = (horas somadas de servente + horas de servente operando betoneira) x 125 kcal/h x 4186 J/kcal = 19,99 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $1,05 \times 10^7$ J.

Areia = m^3 de material x densidade = $2,74839 \text{ m}^3 \times 1,15 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 = 3,16 \times 10^3 \text{ kg}$.

Pedra = m^3 de material x densidade = $(0,66253 + 1,98759) \text{ m}^3 \times 1,35 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 = 3,58 \times 10^3 \text{ kg}$.

Cimento = $1,11 \times 10^3 \text{ kg}$.

Aço = massa de aço da betoneira (depreciação) = $0,016 \times 0,97002 = 1,55 \times 10^{-2} \text{ kg}$.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $19,02 \times 0,012 = 2,28 \times 10^{-1} \text{ m}^3$.

Serviço 8 – etapa 2 – Transporte, lançamento e acabamento de concreto (TCPO – pg. 157 – item 03310.8.13.2)

Vconcreto = $3,17 \text{ m}^3$

Para um total de $3,17 \text{ m}^3$ e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 5,2305 horas de oficial; 9,51 horas de servente; 0,634 hprod de vibrador elétrico.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente = 14,7405 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = (horas somadas de servente + horas de servente operando vibrador) x 125 kcal/h x 4186 J/kcal = 15,3745 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $8,04 \times 10^6$ J.

Aço = massa de aço do vibrador (depreciação) = $0,0016 \times 0,634 = 1,01 \times 10^{-3} \text{ kg}$.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $14,7405 \times 0,012 = 1,77 \times 10^{-1} \text{ m}^3$.

Serviços pertencentes a etapa 2 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.1.4.

- Perda de material orgânico do solo = Massa do Matéria orgânica do solo escavado x Porcentagem de matéria orgânica x Conteúdo energético x 4186 J/kcal = (volume do solo retirado x densidade do solo) x (3%) x (5 kcal/kg) x (4186 J/kcal) = (3,17 x 1600kg/m³) x (3%) x (5kcal/kg) x (4186 J/kcal) = 3,19x10⁹ J.
- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = 58,33m² x (1,49x10⁷ J/m²) x 0,89 x (120/365 dias de construção) = 2,54x10⁸ J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = 2,54x10⁷ J.
- Energia elétrica = Estimando 9,13x10³kcal/m², tem-se um consumo de = 58,33 m² x 9,13x10³ kcal/m² x 4186 J/kcal = 2,23x10⁹J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor =2,23x10⁸.

Etapa 3 – Superestrutura

A etapa 3 possui 5 serviços. O total dos recursos é a soma dos serviços 1 à 5. A tabela B.1.5. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.1.5. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 3 da casa padrão.

Recurso	Un.	Quantidade					
		Total dos recursos para esta etapa	Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4	Serviço 5
Aço	kg	2,19E+02	5,10E+00	8,47E+01	1,29E+02	4,94E-03	3,23E-04
Água	m ³	2,15E+00	3,44E-01	1,12E-01	1,55E+00	7,26E-02	7,44E-02
Areia	kg	8,43E+03	0,00E+00	0,00E+00	7,43E+03	1,01E+03	0,00E+00
Cimento / Fibrocimento	kg	2,31E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,96E+03	3,52E+02	0,00E+00
Desmoldante	kg	6,59E-01	6,59E-01				
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Madeira	kg	3,40E+02	3,28E+02	0,00E+00	1,26E+01	0,00E+00	0,00E+00
Mão de obra	J	9,53E+07	1,50E+07	4,91E+06	6,87E+07	3,33E+06	3,35E+06
Pedra	kg	1,38E+04	0,00E+00	0,00E+00	1,26E+04	1,14E+03	0,00E+00
Plástico	kg	1,42E+00	0,00E+00	1,42E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela B.1.5. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma dos serviços 1 a 5 – colunas 4 à 8); Coluna 4 – Serviço 1; Coluna 5 – Serviço 2; Coluna 6 – Serviço 3; Coluna 7 – Serviço 4; Coluna 8 – Serviço 5.

Serviço 1 – etapa 3 – Forma com chapa plastificada 12 mm (TCPO – pg. 126 – item 03110.8.2.2.)

Área de forma = n° faces x altura pilar x largura dos pilares

Adotado pé direito de 2,80m e 12 pilares de 15x20cm

Área de forma = 2 x 2,80 x 0,2 + 2 x 2,80 x 0,15 = 1,96 m²

Área total de forma = 12 x 1,96 = 23,52m²

Para um total de 23,52m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 5,73888 h de servente; 22,95552 h de oficial; 9,78432 m² de chapa compensada 12 mm; 1,57584 kg prego

17x21; 46,99296m pontalete 3"x3"; 64,60944m de sarrafo 1"x3"; 4,06896m de tábua 1"x8"; 3,93784m de tábua 1"x6"; 0,4704l de desmoldante de formas; 2,352 kg de prego 17x27; 1,176kg de prego 15x15.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 28,6944 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 28,6944 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $1,50 \times 10^7$ J.

Madeira = massa de chapa compensada + massa de pontalete + massa de sarrafo + massa de tábua = (área de chapa x espessura x densidade) + (comprimento do pontalete x massa por m de pontalete) + (comprimento do sarrafo x massa por m de sarrafo) + ((massa da tábua 1"x8" x comprimento em m da tábua 1"x8") + (massa da tábua 1"x6" x comprimento em m da tábua 1"x6")) = (9,78432x0,012x223,83) + (46,99296x5,67) + (64,60944x0,42) + ((4,06896x1,12) + (3,93784x0,84)) = $3,28 \times 10^2$ kg.

Aço = massa de prego 17x21 + massa de prego 17x27 + massa de prego 15x15 = 1,57584 + 2,352 + 1,176 = 5,10kg.

Desmoldante de forma = volume x densidade = 0,4704x1,4 = $6,59 \times 10^{-1}$ kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 28,6944x0,012 = $3,44 \times 10^{-1}$ m³.

Serviço 2 – etapa 3 – Armadura de aço para pilares de concreto (TCPO – pg. 120 – item 03210.8.1.10)

Adotado taxa de 75kg/m³

Vconcreto = altura dos pilares x largura x comprimento

Vconcreto = 2,80 x 0,15 x 0,20 (para um pilar) = 0,084 m³

Aço = tx aço x V concreto = 75 x 0,084 = 6,3 kg

Total de aço = nº pilares x aço para um pilar = 12 x 6,3 = 75,6 kg.

Para um total de 75,6kg e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 4,6872 h de servente; 4,6872 h de oficial; 355,32 espaçadores de plástico; 83,16 kg barras de aço 10mm; 1,512 kg arame recozido.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 9,3744 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 9,3744 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $4,91 \times 10^6$ J.

Aço = massa barras de aço + massa de arame recozido = 83,16 + 1,512 = $8,47 \times 10^1$ kg.

Plástico = massa de espaçadores x número de espaçadores = 0,004 x 355,32 = 1,42 kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 9,3744x0,012 = $1,12 \times 10^{-1}$ m³.

Serviço 3 – etapa 3 – Transporte, lançamento e acabamento de concreto (TCPO – pg. 157 – item 03310.8.13.2)

Considerado piso de concreto em toda a área da casa

Área casa = 58,33 m²

Para um total de $58,33\text{m}^2$ e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 1,1666 h de oficial armador; 14,5825 h oficial pedreiro; 113,45185 h de servente; $6,4606308\text{ m}^3$ de areia; $1,464083\text{ m}^3$ de pedra 1; $4,386416\text{m}^3$ de pedra 2; $1,7499\text{ m}^3$ de pedra 3; $1,7499\text{m}^3$ de pedra 4; 1959,888 kg de cimento; 128,326 kg de tela de aço Q138; 0,5833 kg de prego 18x27; 46,664 m de tábua em cedrinho 10mmx120mm; 2,140711 hprod de betoneira 2 HP.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas = 129,20 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = (horas somadas de servente + horas de servente operando betoneira) x 125 kcal/h x 4186 J/kcal = $131,34\text{h} \times 125\text{ kcal/h} \times 4186\text{J/kcal} = 6,87 \times 10^7\text{ J}$.

Areia = m^3 de material x densidade = $6,4606308\text{m}^3 \times 1,15 \times 10^3\text{ kg/m}^3 = 7,43 \times 10^3\text{kg}$.

Pedra = m^3 de material x densidade = $(1,464083+4,386416+1,7499+1,7499)\text{m}^3 \times 1,35 \times 10^3\text{ kg/m}^3 = 1,26 \times 10^4\text{kg}$.

Cimento = $1,96 \times 10^3\text{kg}$.

Aço = massa da tela de aço + massa de pregos + massa de depreciação da betoneira = $128,326 + 0,5833 + 0,034 = 1,29 \times 10^2\text{kg}$.

Madeira = $46,664 \times 0,27 = 1,26 \times 10^1\text{kg}$.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $129,20 \times 0,012 = 1,55\text{ m}^3$.

Serviço 4 – etapa 3 – Transporte, lançamento e acabamento de concreto (TCPO – pg. 157 – item 03310.8.13.2)

Vconcreto = altura dos pilares x largura x comprimento

Vconcreto = $2,80 \times 0,15 \times 0,20$ (para um pilar) = $0,084\text{ m}^3$

Volume total de concreto = n° pilares x tx concreto por pilar = $12 \times 0,084 = 1,008\text{ m}^3$.

Para um total de $58,33\text{m}^2$ e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 6,048 h de servente; $0,873936\text{m}^3$ de areia; $0,210672\text{m}^3$ de pedra 1; $0,632016$ de pedra 2; 351,792 kg de cimento; $0,308448$ hprod de betoneira elétrica 2 HP.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas = 6,048 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = (horas somadas de servente + horas de servente operando betoneira) x 125 kcal/h x 4186 J/kcal = $6,356448\text{h} \times 125\text{ kcal/h} \times 4186\text{J/kcal} = 3,33 \times 10^6\text{ J}$.

Areia = m^3 de material x densidade = $1,01 \times 10^3\text{kg}$.

Pedra = m^3 de material x densidade = $1,14 \times 10^3\text{kg}$.

Cimento = $3,52 \times 10^2\text{kg}$.

Aço = massa de depreciação do equipamento = $0,308448 \times 0,016 = 4,94 \times 10^{-3}\text{kg}$.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $6,48 \times 0,012 = 7,26 \times 10^{-2}\text{ m}^3$.

Serviço 5 – etapa 3 – Transporte, lançamento e acabamento de concreto (TCPO – pg. 157 – item 03310.8.13.2)

V concreto lançado = V concreto sub etapa 4

V concreto = $1,008\text{ m}^3$.

Para um total de 1,008m³ e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 1,6632 h de oficial; 4,536 h de servente; 0,2016 hprod vibrador elétrico.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em emergia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas = 6,1992 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = (horas somadas de servente + horas de servente operando vibrador) x 125 kcal/h x 4186 J/kcal = 6,1992h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 3,35x10⁶ J.

Aço = massa de depreciação do equipamento = 0,2016 x 0,0016 = 3,23x10⁻⁴kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 6,1992x0,012 = 7,44x10⁻² m³.

Serviços pertencentes a etapa 3 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.1.5.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = 58,33m² x (1,49x10⁷ J/m²) x 0,89 x (120/365 dias de construção) = 2,54x10⁸ J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = 2,54x10⁷ J.

- Energia elétrica = Estimando 9,13x10³kcal/m², tem-se um consumo de = 58,33 m² x 9,13x10³ kcal/m² x 4186 J/kcal = 2,23x10⁹J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor =2,23x10⁸.

Etapa 4 – Fechamentos internos e externos

A etapa 4 possui 1 serviço. O total dos recursos é o serviço 1. A tabela B.1.6. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.1.6. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 4 da casa padrão.

Recurso	Un.	Quantidade	
		Total dos recursos para esta etapa	Serviço 1
Água	m ³	3,00E+00	3,00E+00
Areia	kg	2,22E+03	2,22E+03
Argila (tijolo)	kg	9,03E+03	9,03E+03
Cal	kg	2,88E+02	2,88E+02
Cimento / Fibrocimento	kg	2,88E+02	2,88E+02
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00
Mão de obra	J	1,31E+08	1,31E+08
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00

Tabela B.1.6. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos; Coluna 4 – Serviço 1.

Serviço 1 – etapa 4 – Alvenaria de Vedação com blocos cerâmicos furados (TCPO – pg. 200 – item 04211.8.2.3.)

Medição de alvenarias altas – planta do anexo D - (m) = 3,05 + 3,08 + 7,30 + 0,8 + 1,70 + 3,35 + 1,45 (medidas horizontais); 2,88 + 1,20 + 3,55 + 3,55 + 1,20 + 2,95 + 3,55 (medidas verticais).
Perímetro = 39,61m.

Altura da alvenaria = 2,80m. .

Perímetro da alvenaria para bancada de cozinha americana = 1,45 + 2,95 = 4,40m. Altura da bancada = 1,40m.

Total de alvenarias = 39,61 x 2,80 + 4,40 x 1,40 = 117,07 m².

Para um total de 117,07m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 117,07 h de oficial; 132,87445 h de servente; 1,9281429 m³ de areia; 287,64099 kg de cal; 287,64099 kg de cimento; 3008,699 unidades de bloco cerâmico furado (tijolo baiano).

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 249,94 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 249,94 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 1,31x10⁸ J.

Areia = m³ de material x densidade = 1,9281429m³ x 1,15x10³ kg/m³ = 1,22x10³kg.

Cal = 2,88x10² kg.

Cimento = 2,88x10²kg.

Argila = número de blocos cerâmicos x massa unitária do bloco cerâmico = 3008,699 x 3 = 9,03x10³kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 249,94x0,012 = 3,00 m³.

Serviços pertencentes a etapa 4 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.1.6.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = 58,33m² x (1,49x10⁷ J/m²) x 0,89 x (120/365 dias de construção) = 2,54x10⁸ J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = 2,54x10⁷ J.

- Energia elétrica = Estimando 9,13x10³kcal/m², tem-se um consumo de = 58,33 m² x 9,13x10³ kcal/m² x 4186 J/kcal = 2,23x10⁹J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = 2,23x10⁸.

Etapa 5 – Cobertura

A etapa 5 possui 5 serviços. O total dos recursos é a soma dos serviços 1 à 5. A tabela B.1.7. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.1.7. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 5 da casa padrão.

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos para esta etapa	Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4	Serviço 5
Aço	kg	7,49E+01	3,44E+01	9,94E+00	3,57E+00	1,99E+01	7,14E+00
Água	m ³	3,21E+00	2,48E+00	3,08E-01	2,14E-02	3,75E-01	2,86E-02
Cimento / Fibrocimento	kg	9,07E+02	0,00E+00	8,13E+02	7,51E+01	0,00E+00	1,86E+01
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Estanho	kg	4,46E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,46E-01	0,00E+00
Madeira	kg	1,91E+03	1,91E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Mão de obra	J	1,40E+08	1,08E+08	1,34E+07	9,34E+05	1,64E+07	1,25E+06
Plástico	kg	1,38E+00	0,00E+00	6,63E-01	2,38E-01	0,00E+00	4,76E-01
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela B.1.7. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma dos serviços 1 a 5 – colunas 4 à 8); Coluna 4 – Serviço 1; Coluna 5 – Serviço 2; Coluna 6 – Serviço 3; Coluna 7 – Serviço 4; Coluna 8 – Serviço 5.

Serviço 1 – etapa 5 – Estrutura de madeira para telha ondulada de fibrocimento (TCPO – pg. 235 – item 06110.8.3.1.)

Considerada toda a área da edificação

Área = 7,84x7,44

Área = 58,33m²

Para um total de 58,33m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 103,2441 h servente; 103,2441 h de oficial; 10,4994 kg de prego 18x27; 23,9153 kg de ferragem para telhados; 1,7499m³ de madeira tipo peroba.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em emergia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 206,4882 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 206,4882 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 1,08x10⁸ J.

Aço = massa de pregos + massa de ferragens = 3,44x10¹kg.

Madeira = volume de madeira x densidade da madeira = 1,7499 x 1093,75 = 1,91x10³kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 206,4882x0,012 = 2,48 m³.

Serviço 2 – etapa 5 – Cobertura com telha de fibrocimento e=6mm (TCPO – pg. 249 – item 07320.8.5.2.)

Considerada toda a área da edificação

Área = 7,84x7,44

Área = 58,33m²

Para um total de 58,33m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 12,8326 h de servente; 12,8326 h de oficial; 82,8286 unidades de parafusos com rosca soberba galvanizado

(comprimento 110mm diâmetro de 8mm); 67,0795 m² de telha de fibrocimento ondulada 6mm; 82,8286 unidade de conjunto de vedação elástica.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 25,6652 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 25,6652 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 1,34x10⁷ J.

Aço = quantidade de parafusos x massa unitária do parafuso = 82,8286 x 0,12 = 9,94kg.

Plástico = quantidade de conjuntos de vedação x massa unitária por conjunto de vedação = 82,8286 x 0,008 = 6,63x10⁻¹kg.

Fibrocimento/Cimento = área de telhas de fibrocimento x massa por m² de telha de fibrocimento = 67,0795 x 12,12 = 8,13x10²kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 25,6652x0,012 = 3,08x10⁻¹ m³.

Serviço 3 – etapa 5 – Cumeeira articulada de fibrocimento (TCPO – pg. 254 – item 07320.8.12.4)

Divisão de águas ocorrerá no eixo de 7,44m

Perímetro = 7,44m

Para um total de 7,44m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 0,8928 h de servente; 0,8928 h de oficial; 29,76 unidades de parafusos com rosca soberba galvanizado (comprimento 110mm diâmetro de 8mm); 7,7376 unidades de cumeeira para telha; 29,76 unidades de conjunto de vedação elástica.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 1,7856 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 1,7856 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 9,34x10⁵ J.

Aço = quantidade de parafusos x massa unitária do parafuso = 3,57kg.

Plástico = quantidade de conjuntos de vedação x massa unitária por conjunto de vedação = 2,38x10⁻¹kg.

Fibrocimento/Cimento = quantidade de cumeeira de fibrocimento x massa por unidade de cumeeira de fibrocimento = 7,7376 x 9,7 = 7,51x10¹kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 2,14x10⁻² m³.

Serviço 4 – etapa 5 – Calha de chapa galvanizada 26 (TCPO – pg. 258 – item 07712.8.1.7.)

Divisão de águas ocorrerá no eixo de 7,44m

2 x Perímetro = 2 x 7,44m = 14,88m

Para um total de 14,88m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 15,624 h de servente; 15,624 h de oficial; 1,0416 kg de prego 15x15; 0,4464 kg de rebite de ferro zincado; 0,4464 kg de estanho para solda; 15,3264 m de calha de chapa galvanizada espessura 50mm, curvatura 28 cm.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 31,248 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 31,248 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $1,64 \times 10^7$ J.

Ferro = massa de prego 15x15 + rebites = 1,49 kg.

Estanho = 0,4464 kg.

Aço = massa de prego 15x15 + rebites + comprimento de calha x massa por m de calha = $1,99 \times 10^1$ kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $3,75 \times 10^{-1}$ m³.

Serviço 5 – etapa 5 – Rufo de fibrocimento (TCPO – pg. 256 – item 07320.8.18.3.)

Divisão de águas ocorrerá no eixo de 7,44m

2 x Perímetro = 2 x 7,44m = 14,88m

Para um total de 14,88m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 1,1904 h de servente; 1,1904 h de oficial; 59,52 unidades de parafusos com rosca soberba galvanizado (comprimento 110mm diâmetro de 8mm); 15,4752 unidades de rufo de fibrocimento; 59,52 unidades de conjunto de vedação elástica.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 2,3808 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 2,3808 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $1,25 \times 10^6$ J.

Aço = quantidade de parafusos x massa unitária do parafuso = 7,14kg.

Plástico = quantidade de conjuntos de vedação x massa unitária por conjunto de vedação = $4,76 \times 10^{-1}$ kg.

Fibrocimento/Cimento = quantidade de rufos de fibrocimento x massa unitária de rufos = 15,4752 x 1,2 = $1,86 \times 10^1$ kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $2,86 \times 10^{-2}$ m³.

Serviços pertencentes a etapa 5 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.1.7.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = $58,33 \text{ m}^2 \times (1,49 \times 10^7 \text{ J/m}^2) \times 0,89 \times (120/365 \text{ dias de construção}) = 2,54 \times 10^8 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,54 \times 10^7 \text{ J}$.

- Energia elétrica = Estimando $9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2$, tem-se um consumo de = $58,33 \text{ m}^2 \times 9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2 \times 4186 \text{ J/kcal} = 2,23 \times 10^9 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,23 \times 10^8$.

Etapa 6 – Revestimento Grosso e Impermeabilização

A etapa 6 possui 5 serviços. O total dos recursos é a soma dos serviços 1 à 5. A tabela B.1.8. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.1.8. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 6 da casa padrão.

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos para esta etapa	Serviço				
			Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4	Serviço 5
Aço	kg	2,41E-01	0,00E+00	2,41E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Água	m ³	4,64E+00	8,13E-02	3,23E-02	6,73E-01	7,02E-01	3,15E+00
Areia	kg	7,91E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,01E+03	1,64E+03	5,26E+03
Cimento / Fibrocimento	kg	2,39E+03	0,00E+00	0,00E+00	4,55E+02	5,69E+02	1,37E+03
Emulsão Asfáltica	kg	3,90E+01	3,90E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Gesso	kg	9,25E+01	0,00E+00	9,25E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Mão de obra	J	2,02E+08	3,55E+06	1,41E+06	2,94E+07	3,06E+07	1,37E+08
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela B.1.8. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma dos serviços 1 a 5 – colunas 4 à 8); Coluna 4 – Serviço 1; Coluna 5 – Serviço 2; Coluna 6 – Serviço 3; Coluna 7 – Serviço 4; Coluna 8 – Serviço 5.

Serviço 1 – etapa 6 – Impermeabilização de piso (TCPO – pg.238 – item 07110.8.4.1.)

Considerada impermeabilização nas áreas frias (cozinha e banheiro).

$$\text{Área sanitário} = 1,70 \times 2,95 = 4,02 \text{ m}^2$$

$$\text{Área Cozinha} = 2,95 \times (1,45 + 0,80) - (1,20 \times 0,80) = 5,68 \text{ m}^2$$

$$\text{Área sanitário} + \text{Área Cozinha} = 4,02 + 5,68 = 9,70 \text{ m}^2$$

$$\text{Perímetro de rodapé a ser impermeabilizada (40cm de altura)} = 2,95 \times 2 + 1,45 \times 2 + 2,95 \times 2 + 1,70 \times 2 = 18,1\text{m}$$

$$\text{Área de rodapé} = 18,1 \times 0,40 = 7,24 \text{ m}^2$$

$$\text{Área total} = 9,7 + 7,24 = 16,94 \text{ m}^2$$

Para um total de 16,94m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 6,776 h de servente; 38,962 kg de emulsão asfáltica.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em emergia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 6,776 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 6,776 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 3,55x10⁶ J.

Emulsão asfáltica = 3,90x10¹kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 8,13x10⁻² m³.

Serviço 2 – etapa 6 – Forro de gesso (TCPO – pg.302 – item 09500.8.8.5. – adaptado do texto “conteúdo do serviço”)

$$\text{Área sanitário} = 1,70 \times 2,95 = 4,02\text{m}^2$$

Para um total de $4,02\text{m}^2$ e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 2,6934 h de gesso; $4,221\text{ m}^2$ de painel de gesso acartonado; 12,06 kg de massa de rejunte em gesso; 12,06 kg de gesso para chumbamento de nervuras; 0,2412 kg de arame galvanizado.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 2,6934 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 2,6934 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $1,41 \times 10^6$ J.

Gesso = (área de gesso x massa por m^2 de gesso) + massa de rejunte em gesso + massa de gesso para chumbamento = $(4,221 \times 16,2) + 12,06 + 12,06 = 9,25 \times 10^1$ kg.

Aço = massa de arame galvanizado = $2,41 \times 10^{-1}$ kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $2,6934 \times 0,012 = 3,23 \times 10^{-2}$ m^3 .

Serviço 3 – etapa 6 – Reboco, como sendo massa única (TCPO – pg. 328 – item 09705.8.3.8.)

Todas as paredes que receberão azulejo devem ter emboço.

Área de azulejo no sanitário = $1,70 \times 2,80 \times 2 + 2,95 \times 2,80 \times 2 = 26,04\text{ m}^2$

Área de azulejo na cozinha = $2,95 \times 1,40 + 1,45 \times 2,80 + 1,20 \times 2,80 + 0,80 \times 2,80 + (2,95 - 1,20) \times 2,80 + 1,45 \times 1,40 = 20,72\text{ m}^2$

Área total de azulejo = $26,04 + 20,72 = 46,76\text{ m}^2$.

Área de emboço = $46,76\text{ m}^2$

Para um total de $4,6,76\text{m}^2$ e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 23,38 h de pedreiro; 9,352 h de servente; $0,874412\text{ m}^3$ de areia; 454,5072 kg de cimento.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 32,912 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 32,192 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $2,94 \times 10^7$ J.

Areia = m^3 de material x densidade = $1,01 \times 10^3$ kg.

Cimento = $4,55 \times 10^2$ kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $56,112 \times 0,012 = 6,73 \times 10^{-1}$ m^3 .

Serviço 4 – etapa 6 – Chapisco (TCPO – pg. 337 – item 09705.8.12.4.)

Todas as alvenarias devem ser chapiscadas dos 2 lados

Área de alvenaria = $117,07\text{ m}^2$.

Área do chapisco = $2 \times \text{Área Alvenaria} = 2 \times 117,07 = 234,14\text{m}^2$

Para um total de $234,14\text{m}^2$ e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 23,414 h de pedreiro; 35,121 h de servente; $1,428254\text{ m}^3$ de areia; 568,9602kg cimento.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 58,535 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 58,535 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $3,06 \times 10^7$ J.

Areia = m^3 de material x densidade = $1,64 \times 10^3$ kg.

Cimento = $5,69 \times 10^2$ kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $7,02 \times 10^{-1} \text{ m}^3$.

Serviço 5 – etapa 6 – Emboço (TCPO – pg. 322 – item 09705.8.2.16.)

Considerado que o Reboco é a massa única.

Considerado que o Reboco é executado em todas as paredes onde não há emboço.

Área de Reboco = Área de chapisco - Área Emboço = $234,14 - 46,76 = 187,38 \text{ m}^2$.

Para um total de $187,38 \text{ m}^2$ e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 112,428 h de oficial; 149,904 h de servente; $4,572072 \text{ m}^3$ de areia; 1367,874kg cimento.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 262,332 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = $262,332 \text{ h} \times 125 \text{ kcal/h} \times 4186 \text{ J/kcal} = 1,37 \times 10^8 \text{ J}$.

Areia = m^3 de material x densidade = $5,26 \times 10^3 \text{ kg}$.

Cimento = $1,37 \times 10^3 \text{ kg}$.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $3,15 \text{ m}^3$.

Serviços pertencentes a etapa 6 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.1.8.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = $58,33 \text{ m}^2 \times (1,49 \times 10^7 \text{ J/m}^2) \times 0,89 \times (120/365 \text{ dias de construção}) = 2,54 \times 10^8 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,54 \times 10^7 \text{ J}$.

- Energia elétrica = Estimando $9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2$, tem-se um consumo de = $58,33 \text{ m}^2 \times 9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2 \times 4186 \text{ J/kcal} = 2,23 \times 10^9 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,23 \times 10^8$.

Etapa 7 – Esquadrias

A etapa 7 possui 4 serviços. O total dos recursos é a soma dos serviços 1 à 4. A tabela B.1.9. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.1.9. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 7 da casa padrão

Recurso	Un.	Quantidade				
		Total dos recursos para esta etapa	Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4
Aço	kg	6,57E+00	0,00E+00	1,12E+00	0,00E+00	5,45E+00
Água	m^3	1,67E+00	3,16E-01	4,36E-01	4,41E-01	4,80E-01
Areia	kg	1,63E+02	4,62E+01	4,86E+01	6,83E+01	0,00E+00
Cimento / Fibrocimento	kg	4,00E+01	1,43E+01	9,34E+00	1,63E+01	0,00E+00
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Ferro	kg	1,85E+01	1,51E+01	0,00E+00	3,43E+00	0,00E+00

Madeira	kg	6,25E+01	0,00E+00	6,25E+01	0,00E+00	0,00E+00
Mão de obra	J	7,29E+07	1,38E+07	1,90E+07	1,92E+07	2,09E+07
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Vidros	kg	3,79E+01	0,00E+00	0,00E+00	3,79E+01	0,00E+00

Tabela B.1.9. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma dos serviços 1 a 4 – colunas 4 à 7); Coluna 4 – Serviço 1; Coluna 5 – Serviço 2; Coluna 6 – Serviço 3; Coluna 7 – Serviço 4.

Serviço 1 – etapa 7 – Batente de ferro (TCPO – pg.261 – item 08100.8.1.1.)

Quantidade de portas de 2,10 x 0,80 = 3

Quantidade de portas de 2,10 x 0,70 = 2

Medida linear dos batentes (considerando 2 cm a mais em cada um dos lados) = 2,12 + 0,82 + 2,12 = 5,06m.

Medida linear dos batentes (considerando 2 cm a mais em cada um dos lados) = 2,12 + 0,72 + 2,12 = 4,96m.

Total em metros dos batentes = 3 x 5,06 + 2 x 4,96 = 25,10m

Para um total de 25,10m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 12,55 h de oficial; 13,805 h de servente; 0,04016 m³ de areia; 14,307 kg de cimento; 25,1 m de chapa de ferro dobrada.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em emergia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 26,355 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 26,355 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 1,38x10⁷ J.

Areia = m3 de material x densidade = 4,62x10¹kg.

Cimento = 1,43x10¹ kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 3,16x10⁻¹ m³.

Ferro = 0,6 kg/m x 25,1 m = 15,10kg.

Serviço 2 – etapa 7 – Porta de madeira (TCPO – pg.265 – item 08210.8.7.15.)

Quantidade de portas de 2,10 x 0,80 = 3

Quantidade de portas de 2,10 x 0,70 = 2

Área de portas = 2,10 x 0,80 x 3 + 2,10 x 0,70 x 2 = 7,98 m².

Para um total de 7,98m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 7,98 h de ajudante de carpinteiro; 17,556 h de carpinteiro; 3,192 h de pedreiro; 7,581 h de ajudante; 0,042294 m³ de areia; 9,3366 kg de cimento; 1,1172 kg de prego 15x15; 7,98m² de porta de madeira.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em emergia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 1,90x10⁷ J.

Areia = m3 de material x densidade = 4,86x10¹kg.

Cimento = 9,34 kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $4,36 \times 10^{-1} \text{ m}^3$.

Aço = 1,12 kg.

Madeira = (área de portas x massa por m² de porta) = $7,98 \times 7,83 = 6,25 \times 10^1 \text{ kg}$.

Serviço 3 – etapa 7 – Janelas de Ferro (TCPO – pg.271 – item 08510.8.1.3.)

Quantidade de janelas de correr 1,20x1,20 = 4

Quantidade de janelas basculantes 0,60x0,60 = 1. Adotados mesmos critérios da TCPO para janelas de correr

Área de janelas = $1,20 \times 1,20 \times 4 + 0,60 \times 0,60 \times 1 = 6,12 \text{ m}^2$.

Para um total de $6,12 \text{ m}^2$ e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 24,48h de pedreiro; 12,24 h de servente; $0,059364 \text{ m}^3$ de areia; 16,3404 kg de cimento; $6,12 \text{ m}^2$ de caixilho de ferro de correr.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $1,92 \times 10^7 \text{ J}$.

Areia = m³ de material x densidade = $6,83 \times 10^1 \text{ kg}$.

Cimento = $1,63 \times 10^1 \text{ kg}$.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $4,41 \times 10^{-1} \text{ m}^3$.

Ferro e Vidro = 1 janela de 150x100x8 com 10,54 kg de peso total, sendo 4 vidros de 34x88,5x0,3. 4 vidros juntos pesam = $4 \times 34 \times 88,5 \times 0,3$ (espessura do vidro) x 2,57 (g/cm³ - densidade do vidro comum) = 9279,26 g = 9,28 kg. Peso total da janela - peso dos vidros = 1,26 (ou seja, peso do ferro). Fazendo as proporções para janelas de 120x120x8, temos 0,81 kg de ferro e 8,91 kg de vidro. Por m² temos 6,19kg de vidro e 0,56kg de ferro. Para $6,12 \text{ m}^2$ de caixilhos tem-se $3,43 \text{ kg}$ de ferro e $3,79 \times 10^1 \text{ kg}$ de vidro.

Serviço 4 – etapa 7 – Ferragens para portas (TCPO – pg.285 – item 08710.8.9.1.)

Considerando 1 conjunto para cada porta. Como há 5 portas, há 5 conjuntos.

Para um total de 5 conjuntos e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 20h de carpinteiro; 5 fechaduras completas; 15 dobradiças de ferro para porta; 20h ajudante de carpinteiro.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $2,09 \times 10^7 \text{ J}$.

Aço = (quantidade de fechaduras x massa por fechadura) + (quantidade de dobradiças x massa por dobradiça) = $(5 \times 0,54) + (15 \times (0,55/3)) = 5,45 \text{ kg}$.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $4,80 \times 10^{-1} \text{ m}^3$.

Serviços pertencentes a etapa 7 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.1.9.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = $58,33\text{m}^2 \times (1,49 \times 10^7 \text{ J/m}^2) \times 0,89 \times (120/365 \text{ dias de construção}) = 2,54 \times 10^8 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,54 \times 10^7 \text{ J}$.
- Energia elétrica = Estimando $9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2$, tem-se um consumo de = $58,33 \text{ m}^2 \times 9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2 \times 4186 \text{ J/kcal} = 2,23 \times 10^9 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,23 \times 10^8$.

Etapa 8 – Revestimento Fino e Acabamentos

A etapa 8 possui 7 serviços. O total dos recursos é a soma dos serviços 1 à 7. A tabela B.1.10. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.1.10. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 8 da casa padrão

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos para esta etapa	Serviço						
			Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4	Serviço 5	Serviço 6	Serviço 7
Água	m ³	6,97E+00	1,72E+00	3,82E-01	1,99E+00	8,89E-01	1,54E+00	1,88E-01	2,53E-01
Areia	kg	3,11E+03	0,00E+00	0,00E+00	2,05E+03	5,90E+01	1,01E+03	0,00E+00	0,00E+00
Cal	kg	2,84E+02	0,00E+00	0,00E+00	1,06E+02	7,66E+00	1,70E+02	0,00E+00	0,00E+00
Cerâmica Esmaltada	kg	1,09E+03	0,00E+00	0,00E+00	6,82E+02	4,55E+01	3,65E+02	0,00E+00	0,00E+00
Cimento / Fibrocimento	kg	7,48E+02	0,00E+00	0,00E+00	5,02E+02	7,66E+00	1,82E+02	3,31E+01	2,34E+01
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00						
Mão de obra	J	3,04E+08	7,51E+07	1,67E+07	8,70E+07	3,87E+07	6,73E+07	8,18E+06	1,10E+07
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00						
Tinta	kg	8,70E+01	7,77E+01	9,26E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela B.1.10. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma dos serviços 1 a 7 – colunas 4 à 10); Coluna 4 – Serviço 1; Coluna 5 – Serviço 2; Coluna 6 – Serviço 3; Coluna 7 – Serviço 4; Coluna 8 – Serviço 5; Coluna 9 – Serviços 6; Coluna 10 – Serviço 7.

Serviço 1 – etapa 8 – Pintura PVA de paredes internas e externa (TCPO – pg.292 – item 09115.8.12.1)

Área de paredes = Área de reboco = $187,38\text{m}^2$

Área de forro = $4,02 \text{ m}^2$

Área total = Área de forro + Área de paredes = $4,02 + 187,38 = 191,40 \text{ m}^2$.

Para um total de $191,40\text{m}^2$ e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 66,999 h ajudante de pintor; 76,56 h de pintor; 22,968l de selador a base PVA; 47,85 unidades de lixa para superfície de madeira; 32,538 l de tinta látex PVA fosco.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em emergia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x $4186\text{J/kcal} = \text{horas trabalhadas} \times 125 \text{ kcal/h} \times 4186\text{J/kcal} = 7,51 \times 10^7 \text{ J}$.

Tinta = (volume de tinta x densidade da tinta) + (volume de seladora x densidade da seladora) = $(32,538 \times 1,4) + (22,968 \times 1,4) = 7,77 \times 10^1 \text{ kg}$.

Lixa = desconsiderado.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 1,72 m³.

Serviço 2 – etapa 8 – Pintura com tinta esmalte (TCPO – pg.293 – item 09115.8.9.12)

Área de batente de portas = comprimento dos batentes (calculado na etapa 7) x largura dos batentes (incluindo os recortes) = 25,07 x 0,15 = 3,76m².

Área de janelas (cálculo para 1 janela) = 6 trechos de 1,20 m com 8 cm de espessura = 6 x 1,2 x 0,08 = 0,576 m²

Área total = 3,76 + 5 x 0,576 = 6,64 m². Em função da consideração de pintura feita pela TCPO, temos que multiplicar esta área por 3.

Área pintada = 3 x 6,64 = 19,92 m²

Para um total de 19,92m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 15,936 h de ajudante de pintor; 15,936 h de pintor; 2,3904 l de zarcão; 0,5976 l de aguarrás mineral; 5,976 unidades de lixa para superfície grana 100 metálica; 3,1872 l de esmalte sintético para madeiras e metais.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 1,67x10⁷ J.

Tinta = (volume de zarcão x densidade do zarcão) + (volume de aguarrás x densidade da aguarrás) + (volume de esmalte x densidade do esmalte) = (2,3904x1,5) +(0,5976x1,5) + (3,1872x1,5) = 9,26kg.

Lixa = desconsiderado.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 3,82x10⁻¹ m³.

Serviço 3 – etapa 8 – Piso cerâmico (TCPO – pg.305 – item 09606.8.2.1.)

Considerada toda a área da edificação

Área = 7,84x7,44

Área = 58,33m²

Para um total de 58,33m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 87,495h de ladrilhista; 78,7455 h de servente; 1,779065 h de servente; 106,45225 kg de cal hidratada; 501,638 kg de cimento; 69,4127 m² de piso cerâmico esp 8mm.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 8,70x10⁷ J.

Areia = m³ de material x densidade = 2,05x10³kg.

Cal = 1,06x10²kg.

Cimento = 5,02x10²kg.

Cerâmica Esmaltada = (área de cerâmica x massa por m²) = 69,4127x9,83 = 6,82x10²kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 1,99 m³.

Serviço 4 – etapa 8 – Rodapé cerâmico (TCPO – pg.307 – item 09606.8.4.1.)

Perímetro necessário de rodapé = 3,05 + 3,08 + 3,05 + 3,08 + 3,35 + 1,45 + 0,80 + 1,45 + 0,80 + 1,70 + 3,35 + 2,95 + 1,20 + 3,62 + 3,62 + 2,95 + 3,62 + 3,62 + 1,20 + 1,10 + 3,55 = 52,59 m.

Para um total de 52,59m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 42,072 h de ladrilhista; 31,97472 h servente; 0,05132784 m³ de areia; 7,657104 kg de cal hidratada; 7,657104 kg de cimento; 57,849 m de rodapé cerâmico.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 3,87x10⁷ J.

Areia = m³ de material x densidade = 5,90x10¹kg.

Cal = 7,66 kg.

Cimento = 7,66 kg.

Cerâmica Esmaltada = (comprimento de cerâmica x largura da cerâmica x massa por m²) = 57,849x0,08x9,83 = 4,55x10¹kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 8,89x10⁻¹ m³.

Serviço 5 – etapa 8 – Azulejo (TCPO – pg.338 – item 09706.8.1.4.)

Área de azulejo no sanitário = 1,70 x 2,80 x 2 + 2,95 x 2,80 x 2 = 26,04 m²

Área de azulejo na cozinha = 2,95 x 1,40 + 1,45 x 2,80 + 1,20 x 2,80 + 0,80 x 2,80 + (2,95 - 1,20) x 2,80 + 1,45 x 1,40 = 20,72 m²

Área total de azulejo = 26,04 + 20,72 = 46,76 m².

Para um total de 46,76m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 93,52 h de azulejista; 35,07 h de servente; 0,874412 m³ de areia; 170,2064 kg cal hidratada; 11,69 kg de cimento branco; 170,2064 kg de cimento; 51,436 m² de azulejo cerâmico.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 6,73x10⁷ J.

Areia = m³ de material x densidade = 1,01x10³kg.

Cal = 1,70x10² kg.

Cimento = 1,82x10² kg.

Cerâmica Esmaltada = (área de cerâmica x massa por m²) = 51,436x7,1 = 3,65x10²kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 1,54 m³.

Serviço 6 – etapa 8 – Rejunte para piso (TCPO – pg.306 – item 09606.8.3.1.)

Área de rejunte para piso = Área do piso + Área do rodapé

Área de rejunte = 58,33 + 52,59 x 0,08 (altura do rodapé) = 62,54m²

Para um total de 62,54m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 15,635h de servente; 33,08366 kg de argamassa pré-fabricada.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $8,18 \times 10^6$ J.

Cimento = considerando que toda a argamassa tem como material o cimento = $3,31 \times 10^1$ kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $1,88 \times 10^{-1}$ m³.

Serviço 7 – etapa 8 – Rejunte para azulejo (TCPO – pg.341 – item 09706.8.5.2)

Área de rejunte = Área de azulejo = $46,76 \text{ m}^2$.

Para um total de $46,76 \text{ m}^2$ e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 11,69 h de azulejista; 9,352 h de servente; 23,38 kg de argamassa pré-fabricada.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $1,10 \times 10^7$ J.

Cimento = considerando que toda a argamassa tem como material o cimento = $2,34 \times 10^1$ kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $2,53 \times 10^{-1}$ m³.

Serviços pertencentes a etapa 8 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.1.10.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = $58,33 \text{ m}^2 \times (1,49 \times 10^7 \text{ J/m}^2) \times 0,89 \times (120/365 \text{ dias de construção}) = 2,54 \times 10^8$ J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,54 \times 10^7$ J.

- Energia elétrica = Estimando $9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2$, tem-se um consumo de = $58,33 \text{ m}^2 \times 9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2 \times 4186 \text{ J/kcal} = 2,23 \times 10^9$ J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,23 \times 10^8$.

Etapa 9 – Instalações Hidráulicas

A etapa 9 possui 8 serviços. O total dos recursos é a soma dos serviços 1 à 8. A tabela B.1.11. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.1.11. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 9 da casa padrão

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos para esta etapa	Serviço							
			Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4	Serviço 5	Serviço 6	Serviço 7	Serviço 8
Água	m ³	2,32E+00	5,24E-01	5,09E-01	3,16E-01	3,20E-01	1,86E-01	2,04E-01	1,26E-01	1,37E-01
Areia	kg	5,23E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,38E+01	2,85E+01	0,00E+00
Cal	kg	6,78E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,09E+00	3,70E+00	0,00E+00
Cimento / Fibrocimento	kg	6,39E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,91E+00	3,48E+00	0,00E+00
Cobre	kg	2,82E+00	0,00E+00	2,82E+00						
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00							
Mão de obra	J	1,01E+08	2,28E+07	2,22E+07	1,38E+07	1,40E+07	8,10E+06	8,90E+06	5,47E+06	5,97E+06
Plástico	kg	8,40E-03	0,00E+00	8,40E-03						
PVC	kg	5,88E+01	2,22E+01	2,26E+01	1,40E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00							
Tinta	kg	3,97E-01	8,06E-02	1,95E-01	1,21E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela B.1.11. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma dos serviços 1 a 7 – colunas 4 à 10); Coluna 4 – Serviço 1; Coluna 5 – Serviço 2; Coluna 6 – Serviço 3; Coluna 7 – Serviço 4; Coluna 8 – Serviço 5; Coluna 9 – Serviços 6; Coluna 10 – Serviço 7; Coluna 11 – Serviço 8.

Serviço 1 – etapa 9 – Água Fria (TCPO – pg.408 – item 15142.8.22.3).

Estimativa de comprimento necessário

Banheiro = 13m

Cozinha = 9,2m

Área de serviço = 7m

Área externa e chegada até a caixa d'água = 19,28m

Total = Banheiro + cozinha + área de serviço + área externa e cx água = 48,48m.

Para um total de 46,76m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 21,816 h de ajudante de encanador; 21,816 h de encanador; 0,02424 l de solução limpadora de PVC; 72,72 m de tubo soldável para PVC; 0,047 kg adesivo para tubo de PVC.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em emergia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 2,28x10⁷ J.

Tinta = considerando que solução limpadora e adesivos para PVC são considerados tinta = adesivo para tubo de PVC + (volume de solução limpadora x 1,39kg por litro) = 8,06x10⁻²kg.

PVC = comprimento da tubulação x massa por m de tubulação = 72,72 x 0,305 = 2,22x10¹kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 5,24x10⁻¹ m³.

Serviço 2 – etapa 9 – Tubulação de Esgoto (TCPO – pg.440 – item 15152.8.22.4) - Coeficientes da TCPO foram multiplicados pelos fatores que se seguem para considerar que já possuem as conexões (assim como na tubulação Marrom): Ajudante e encanador = 2,11; Tubulação de PVC = 1,29; Pasta lubrificante de PVC = 1,31.)

Estimativa de comprimento necessário

Banheiro = 3,5m

Cozinha = 4m

Área de serviço = 4m

Área externa = 7,84m

Total = Banheiro + cozinha + área de serviço + área externa = 19,34 m.

Para um total de 19,34m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 21,219848 h de ajudante de encanador; 21,219848 h de encanador; 6,3822 unidades de anel de borracha para esgoto; 0,19508258 kg de pasta lubrificante de PVC; 25,198086 m de tubo PVC branco para esgoto.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $2,22 \times 10^7$ J.

Tinta = considerando pastas lubrificantes são considerados tinta = $1,95 \times 10^{-1}$ kg

PVC = (comprimento da tubulação x massa por m de tubulação) + (unidades de anel de borracha x massa por unidade) = $(25,198086 \times 0,89) + (6,3822 \times 0,03) = 2,26 \times 10^1$ kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $5,09 \times 10^{-1}$ m³.

Serviço 3 – etapa 9 – Tubulações de Águas Pluviais (Adotando mesmos coeficientes do serviço 2 etapa 9)

Considerando 4 descidas (1 por canto da casa), temos 4 descidas de 3m = 12m.

Para um total de 12m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 13,1664 h de ajudante de encanador; 13,1664 h de encanador; 3,96 anéis de borracha para tubo de PVC; 0,121044 kg de pasta lubrificante para tubo de PVC; 15,6348 m tubo de PVC branco.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $1,38 \times 10^7$ J.

Tinta = considerando pastas lubrificantes são considerados tinta = $1,21 \times 10^{-1}$ kg

PVC = (comprimento da tubulação x massa por m de tubulação) + (unidades de anel de borracha x massa por unidade) = $1,40 \times 10^1$ kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $3,16 \times 10^{-1}$ m³.

Serviço 4 – etapa 9 – Rasgos em alvenaria para passagem de tubulação de Água Fria (TCPO – pg. 187 – item 04050.8.1.2.)

Considerado que comprimento das tubulações é igual ao comprimento necessário para rasgos e fechamentos.

Comprimento tubulação de água fria = 48,48m = comprimento do rasgo.

Para um total de 48,48m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 7,272 h de pedreiro; 19,392 h de servente.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $1,40 \times 10^7$ J.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $3,20 \times 10^{-1} \text{ m}^3$.

Serviço 5 – etapa 9 – Rasgos em alvenaria para passagem de tubulação de Esgoto (TCPO – pg. 187 – item 04050.8.1.2.)

Considerado que comprimento das tubulações é igual ao comprimento necessário para rasgos e fechamentos.

Comprimento de rasgos/fechamentos = Comprimento sistema de tubulação de esgoto = 19,34m

Para um total de 19,34m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 3,868 h de pedreiro; 11,604 h de servente.

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $8,10 \times 10^6$ J.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $1,86 \times 10^{-1} \text{ m}^3$

Serviço 6 – etapa 9 – Fechamento de rasgos em Alvenarias para passagem de tubulação – Água Fria (TCPO – pg.188 – item 04050.8.2.2.)

Considerado que comprimento das tubulações é igual ao comprimento necessário para rasgos e fechamentos.

Comprimento tubulação de água fria = 48,48m = comprimento do rasgo

Para um total de 48,48m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 9,696 h de pedreiro; 7,310784 h de servente; 2,9088 kg de cimento; $0,02070096 \text{ m}^3$ de areia; 3,088176 kg de cal.

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $8,90 \times 10^6$ J.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $2,04 \times 10^{-1} \text{ m}^3$.

Areia = m³ de material x densidade = $2,38 \times 10^1 \text{ kg}$.

Cal = 3,09 kg.

Cimento = 2,91 kg.

Serviço 7 – etapa 9 – Fechamento de rasgos em Alvenarias para passagem de tubulação – Esgoto (TCPO – pg.188 – item 04050.8.2.2.)

Considerado que comprimento das tubulações é igual ao comprimento necessário para rasgos e fechamentos.

Comprimento de rasgos/fechamentos = Comprimento sistema de tubulação de esgoto = 19,34m

Para um total de 19,34m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 6,3822 h de pedreiro; 4,076872 h de servente; 3,4812 kg de cimento; 0,02477454 m³ de areia; 3,655874 kg de cal.

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 5,47x10⁶ J.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 1,26x10⁻¹ m³.

Areia = m³ de material x densidade = 2,85x10¹kg.

Cal = 3,70 kg.

Cimento = 3,48 kg.

Serviço 8 – etapa 9 – Registro de gaveta com canopla (TCPO – pg.378 – item 15110.8.1.13.)

Considerando 6 registros, sendo 3 no banheiro, 1 na cozinha, 1 na área de serviço e 1 externo.

Para um total de 6 registros e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 5,7 h de ajudante de encanador; 6 registros de pressão com canopla; 8,4 m fita de vedação para tubos e conexões 18mm.

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 5,97x10⁶ J.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 1,37x10⁻¹ m³.

Cobre = (quantidade de registros x massa por registro) = 6 x 0,47 = 2,82 kg.

Plástico = comprimento de fita de vedação x massa por m de fita = 8,4x0,001 = 8,4x10⁻³kg.

Serviços pertencentes a etapa 9 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.1.11.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = 58,33m² x (1,49x10⁷ J/m²) x 0,89 x (120/365 dias de construção) = 2,54x10⁸ J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = 2,54x10⁷ J.

- Energia elétrica = Estimando 9,13x10³kcal/m², tem-se um consumo de = 58,33 m² x 9,13x10³ kcal/m² x 4186 J/kcal = 2,23x10⁹J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = 2,23x10⁸.

Etapa 10 – Instalações Elétricas

A etapa 10 possui 4 serviços. O total dos recursos é a soma dos serviços 1 à 4. A tabela B.1.12. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.1.12. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 10 da casa padrão

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos para esta etapa	Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4
Água	m ³	2,37E+00	6,57E-01	7,23E-01	6,02E-01	3,84E-01
Areia	kg	4,48E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,48E+01
Cal	kg	5,81E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,81E+00

Cimento/ Fibrocimento	kg	5,48E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,48E+00
Cobre	kg	7,15E+00	0,00E+00	7,15E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Mão de obra	J	1,03E+08	2,87E+07	3,15E+07	2,63E+07	1,68E+07
PVC	kg	4,19E+01	4,02E+01	1,79E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energia Solar	J	2,57E+07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela B.1.12. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma dos serviços 1 a 4 – colunas 4 à 7); Coluna 4 – Serviço 1; Coluna 5 – Serviço 2; Coluna 6 – Serviço 3; Coluna 7 – Serviço 4.

Serviço 1 – etapa 10 – Eletroduto de PVC rígido rosqueável (TCPO – pg.479 – item 16132.8.2.3.)

Considerando que todos os circuitos passam por dentro de 1 único eletroduto.

Considerando que há eletrodutos em todas as paredes internas da casa e da área de serviço = 3,05 + 3,08 + 3,05 + 3,08 + 3,35 + 1,45 + 0,80 + 1,70 + 0,80 + 1,70 + 3,35 + 1,45 + 2,95 + 1,20 + 3,55 x 4 + 2,95 x 2 + 2,95 + 1,20 = 55,26m.

Considerando que em todos os cômodos haverá uma subida e uma descida em eletroduto = quantidade (subida e descida) x metros de altura x quantidade de ambientes = 2 x 3 x 6 = 36m. Total em m de eletroduto - Perímetro dos ambientes + Subida dos cômodos = 55,26 + 36 = 91,26m

Para um total de 91,26m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 27,378 h de ajudante de eletricista; 27,378 h de eletricista; 100,386 m de eletroduto de PVC rígido rosqueável de 1”.

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 2,87x10⁷ J.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 6,57x10⁻¹ m³.

PVC = (comprimento da tubulação x massa por m de tubulação) = (100,386x0,4) = 4,02x10¹kg.

Serviço 2 – etapa 10 – Cabo isolado em PVC flexível (TCPO – pg.472 – item 16120.8.1.38)

Considerando que em todos os eletrodutos são passados 3 cabinhos de 2,5mm².

Comprimento de cabinhos = 3 x comprimento de eletrodutos = 3 x 91,26 = 273,78 m

Para um total de 273,78m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 30,1158 h de ajudante de eletricista; 30,1158h de eletricista; 279,2556 m de cabo flexível em PVC baixa tensão.

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 3,15x10⁷ J.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 7,23x10⁻¹ m³.

PVC e Cobre = Considerando que 1 rolo de 100m de cabinho 2,5mm² possui 3,2kg. Isto é, 1m cabinho possui 0,032g. Considerando que 80% é cobre e 20% PVC. Cobre = 279,2556 x 0,80 x 0,032 = 7,15kg. PVC = 279,2556 x 0,20 x 0,032 = 1,79kg.

Serviço 3 – etapa 10 – Rasgos em alvenaria para passagem de tubulação de elétrica (TCPO – pg.187 – item 04050.8.1.2.)

Perímetro de rasgos/fechamentos em alvenaria = comprimento dos eletrodutos = 91,26m.

Para um total de 91,26m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 13,689 h de pedreiro; 36,504 h de servente

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $2,63 \times 10^7$ J.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $6,02 \times 10^{-1}$ m³.

Serviço 4 – etapa 10 – Fechamento de rasgos em alvenaria para passagem de tubulação de elétrica (TCPO – pg.188 – item 04050.8.2.2.)

Perímetro de rasgos/fechamentos em alvenaria = comprimento dos eletrodutos = 91,26m.

Para um total de 91,26m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 18,252 h de pedreiro; 13,762008 h de servente; 5,4756 kg de cimento; $0,03896802$ m³ de areia; 5,813262 kg de cal.

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $1,68 \times 10^7$ J.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $3,84 \times 10^{-1}$ m³.

Areia = m³ de material x densidade = $4,48 \times 10^1$ kg.

Cal = 5,81 kg.

Cimento = 5,48 kg.

Serviços pertencentes a etapa 10 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.1.12.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = $58,33 \text{m}^2 \times (1,49 \times 10^7 \text{ J/m}^2) \times 0,89 \times (120/365 \text{ dias de construção}) = 2,54 \times 10^8$ J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,54 \times 10^7$ J.

- Energia elétrica = Estimando $9,13 \times 10^3$ kcal/m², tem-se um consumo de = $58,33 \text{m}^2 \times 9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2 \times 4186 \text{ J/kcal} = 2,23 \times 10^9$ J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,23 \times 10^8$.

Anexo B.2. – Cálculo em emergia “casa substituição 1”

Tabela B.2.1. – Quantidade total do levantamento das 10 etapas da casa substituição 1, ordenado em ordem alfabética do recurso, na unidade correspondente do levantamento e sua transformação para emergia.

Recurso	Unidade do levantamento (un.)	Quantidade total dos recursos (un.)	Unidade da Emergia por unidade (sej/un.)	Emergia por Unidade / Transformidade (sej/un.)	Emergia (sej)	Ref.
Aço	kg	6,42E+02	sej/kg	6,97E+12	4,47E+15	1
Água	m ³	3,06E+01	sej/m ³	7,75E+11	2,38E+13	7
Alumínio	kg	0,00E+00	sej/kg	2,13E+13	0,00E+00	1
Areia	kg	3,05E+04	sej/kg	1,68E+12	5,12E+16	4
Argila (tijolo)	kg	0,00E+00	sej/kg	4,80E+12	0,00E+00	1
Cal	kg	3,43E+02	sej/kg	1,68E+12	5,76E+14	4
Cerâmica Esmaltada	kg	1,09E+03	sej/kg	5,14E+12	5,62E+15	11
Cimento / Fibrocimento	kg	9,91E+03	sej/kg	3,04E+12	3,01E+16	2
Cobre	kg	9,97E+00	sej/kg	1,04E+14	1,04E+15	6
Desmoldante	kg	2,88E+00	sej/kg	2,55E+13	7,33E+13	1
Emulsão Asfáltica	kg	3,90E+01	sej/kg	2,55E+13	9,94E+14	1
Energia elétrica	J	2,23E+09	sej/J	2,69E+05	6,00E+14	7
Estanho	kg	4,46E-01	sej/kg	6,97E+12	3,11E+12	1
Ferro	kg	1,85E+01	sej/kg	6,97E+12	1,29E+14	1
Gesso	kg	9,25E+01	sej/kg	3,29E+12	3,04E+14	8
Madeira	kg	2,91E+03	sej/kg	8,79E+11	2,56E+15	7
Mão de obra	J	1,32E+09	sej/J	1,24E+07	1,63E+16	3
Pedra	kg	2,37E+04	sej/kg	1,68E+12	3,98E+16	4
Plástico	kg	1,07E+01	sej/kg	5,75E+12	6,14E+13	7
PVC	kg	1,01E+02	sej/kg	9,86E+12	9,94E+14	1
Energia Solar	J	2,54E+08	sej/J	1,00E+00	2,54E+08	10
Material Orgânico do Solo	J	1,49E+10	sej/J	1,24E+06	1,85E+16	9
Tinta	kg	8,74E+01	sej/kg	2,55E+13	2,23E+15	1
Vidros	kg	3,79E+01	sej/kg	1,41E+12	5,34E+13	5
Total					1,76E+17	

Tabela B.2.1. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nas etapas de obra; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos; Coluna 4 – Unidade de emergia específica para conversão das quantidades encontradas em Emergia; Coluna 5 – Valor da Emergia Específica; Coluna 6 – Valor em emergia do recurso. Trata-se do produto da coluna 3 com a coluna 5; Coluna 7 – Fonte da transformidade ou emergia específica utilizada para conversão (vide anexo A).

A coluna 3 da tabela B.2.1. é formada pela soma das etapas 1 a 10, conforme demonstrado na tabela B.2.2.

Tabela B.2.2 – Quantidade de recursos por etapa da obra da casa substituição 1.

Recurso	Un.	Quantidade										
		Total dos recursos	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5	Etapa 6	Etapa 7	Etapa 8	Etapa 9	Etapa 10
Aço	kg	6,42E+02	1,19E+01	3,30E+02	2,19E+02	0,00E+00	7,49E+01	2,41E-01	6,57E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Água	m3	3,06E+01	2,16E+00	2,65E+00	2,15E+00	2,50E+00	3,21E+00	4,64E+00	1,67E+00	6,97E+00	2,32E+00	2,37E+00
Alumínio	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Areia	kg	3,05E+04	7,31E+02	4,41E+03	8,43E+03	5,64E+03	0,00E+00	7,91E+03	1,63E+02	3,11E+03	5,23E+01	4,48E+01
Argila (tijolo)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cal	kg	3,43E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,62E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,84E+02	6,78E+00	5,81E+00
Cerâmica Esmaltada	kg	1,09E+03	0,00E+00	1,09E+03	0,00E+00	0,00E+00						
Cimento / Fibrocimento	kg	9,91E+03	2,99E+02	1,44E+03	2,31E+03	1,77E+03	9,07E+02	2,39E+03	4,00E+01	7,48E+02	6,39E+00	5,48E+00
Cobre	kg	9,97E+00	0,00E+00	2,82E+00	7,15E+00							
Desmoldante	kg	2,88E+00	0,00E+00	2,22E+00	6,59E-01	0,00E+00						
Emulsão Asfáltica	kg	3,90E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,90E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energia elétrica	J	2,23E+09	2,23E+08									
Estanho	kg	4,46E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,46E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Ferro	kg	1,85E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,85E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Gesso	kg	9,25E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,25E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Madeira	kg	2,91E+03	5,49E+02	4,67E+01	3,40E+02	0,00E+00	1,91E+03	0,00E+00	6,25E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Mão de obra	J	1,32E+09	9,43E+07	1,17E+08	9,53E+07	8,61E+07	1,40E+08	2,02E+08	7,29E+07	3,04E+08	1,01E+08	1,03E+08
Pedra	kg	2,37E+04	7,90E+02	4,91E+03	1,38E+04	4,23E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Plástico	kg	1,07E+01	0,00E+00	7,87E+00	1,42E+00	0,00E+00	1,38E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8,40E-03	0,00E+00
PVC	kg	1,01E+02	0,00E+00	5,88E+01	4,19E+01							
Energia Solar	J	2,54E+08	2,54E+07									
Material Orgânico do Solo	J	1,49E+10	1,17E+10	3,18E+09	0,00E+00							
Tinta	kg	8,74E+01	0,00E+00	8,70E+01	3,97E-01	0,00E+00						
Vidros	kg	3,79E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,79E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela B.2.2. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nas etapas de obra; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma das etapas 1 a 10 – colunas 4 à 13); Coluna 4 – Etapa 1 – Canteiro de Obra e Serviços Preliminares; Coluna 5 – Etapa 2 – Fundação; Coluna 6 – Etapa 3 – Superestrutura; Coluna 7 – Etapa 4 – Fechamentos Internos e Externos; Coluna 8 – Etapa 5 – Cobertura; Coluna 9 – Etapa 6 – Revestimento Grosso e Impermeabilização; Coluna 10 – Etapa 7 – Esquadrias; Coluna 11 – Etapa 8 – Revestimento Fino e Acabamentos; Coluna 12 – Etapa 9 – Instalações Hidráulicas; Coluna 15 – Etapa 10 – Instalações Elétricas.

Etapa 1 – Instalação do Canteiro de Obras e Serviços Preliminares

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 2 – Fundação

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 3 – Superestrutura

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 4 – Fechamentos internos e externos

Tabela B.2.3. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 4 da casa substituição 1.

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos para esta etapa	Serviço 1
Água	m ³	2,50E+00	2,50E+00
Areia	kg	5,64E+03	5,64E+03
Cal	kg	4,62E+01	4,62E+01
Cimento/ Fibrocimento	kg	1,77E+03	1,77E+03
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00
Mão de obra	J	8,61E+07	8,61E+07
Pedra	kg	4,23E+03	4,23E+03
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00

Tabela B.2.3. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em energia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos; Coluna 4 – Serviço 1.

Serviço 1 – etapa 4 – Alvenaria de Vedação com blocos de concreto (TCPO – pg.207 – item 04201.8.1.2.)

Medição de alvenarias altas - anexo D - (m) = 3,05 + 3,08 + 7,30 + 0,8 + 1,70 + 3,35 + 1,45 (medidas horizontais); 2,88 + 1,20 + 3,55 + 3,55 + 1,20 + 2,95 + 3,55 (medidas verticais).
Perímetro = 39,61m.

Altura da alvenaria = 2,80m. .

Perímetro da alvenaria para bancada de cozinha americana = 1,45 + 2,95 = 4,40m. Altura da bancada = 1,40m.

Total de alvenarias = 39,61 x 2,80 + 4,40 x 1,40 = 117,07 m².

Para um total de 117,07m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 77,2662 h de pedreiro; 87,310806 h de servente; 1,22537 m³ areia; 46,2052 kg cal hidratada; 182,812 kg de cimento; 1510,203 blocos de concreto

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 164,58 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 164,58 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 8,61x10⁷ J.

Areia = m³ de material x densidade = 5,64x10³kg.

Cal = 4,62x10¹ kg.

Cimento = 1,77x10³kg.

Pedra = m³ de material x densidade = 4,23x10³kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) + massa de água em um bloco x quantidade de blocos = 2,50 m³.

Serviços pertencentes a etapa 4 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.2.3.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = 58,33m² x (1,49x10⁷ J/m²) x 0,89 x (120/365 dias de construção) = 2,54x10⁸ J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = 2,54x10⁷ J.

- Energia elétrica = Estimando 9,13x10³kcal/m², tem-se um consumo de = 58,33 m² x 9,13x10³ kcal/m² x 4186 J/kcal = 2,23x10⁹J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = 2,23x10⁸.

Etapa 5 – Cobertura

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 6 – Revestimento Grosso e Impermeabilização

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 7 – Esquadrias

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 8 – Revestimento fino e acabamentos

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 9 – Instalações Hidráulicas

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 10 – Instalações Elétricas

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Anexo B.3 – Cálculo em emergia “casa substituição 2”

Tabela B.3.1. – Quantidade total do levantamento das 10 etapas da casa substituição 2, na unidade correspondente do levantamento e sua transformação para emergia.

Recurso	Unidade do levantamento (un.)	Quantidade total dos recursos (un.)	Unidade da Emergia por unidade (sej/un.)	Emergia por Unidade / Transformidade (sej/un.)	Emergia (sej)	Ref.
Aço	kg	6,42E+02	sej/kg	6,97E+12	4,47E+15	1
Água	m ³	3,07E+01	sej/m ³	7,75E+11	2,38E+13	7
Alumínio	kg	0,00E+00	sej/kg	2,13E+13	0,00E+00	1
Areia	kg	3,06E+04	sej/kg	1,68E+12	5,14E+16	4
Argila (tijolo)	kg	0,00E+00	sej/kg	4,80E+12	0,00E+00	1
Cal	kg	3,43E+02	sej/kg	1,68E+12	5,76E+14	4
Cerâmica Esmaltada	kg	1,09E+03	sej/kg	5,14E+12	5,62E+15	11
Cimento / Fibrocimento	kg	9,42E+03	sej/kg	3,04E+12	2,86E+16	2
Cobre	kg	9,97E+00	sej/kg	1,04E+14	1,04E+15	6
Desmoldante	kg	2,88E+00	sej/kg	2,55E+13	7,33E+13	1
Emulsão Asfáltica	kg	3,90E+01	sej/kg	2,55E+13	9,94E+14	1
Energia elétrica	J	2,23E+09	sej/J	2,69E+05	6,00E+14	7
Estanho	kg	4,46E-01	sej/kg	6,97E+12	3,11E+12	1
Ferro	kg	1,85E+01	sej/kg	6,97E+12	1,29E+14	1
Gesso	kg	9,25E+01	sej/kg	3,29E+12	3,04E+14	8
Madeira	kg	2,91E+03	sej/kg	8,79E+11	2,56E+15	7
Mão de obra	J	1,32E+09	sej/J	1,24E+07	1,63E+16	3
Pedra	kg	2,19E+04	sej/kg	1,68E+12	3,67E+16	4
Plástico	kg	1,07E+01	sej/kg	5,75E+12	6,14E+13	7
Borracha Reciclada	kg	2,11E+03	sej/kg	1,06E+13	2,24E+16	12
PVC	kg	1,01E+02	sej/kg	9,86E+12	9,94E+14	1
Energia Solar	J	2,54E+08	sej/J	1,00E+00	2,54E+08	10
Material Orgânico do Solo	J	1,49E+10	sej/J	1,24E+06	1,85E+16	9
Tinta	kg	8,74E+01	sej/kg	2,55E+13	2,23E+15	1
Vidros	kg	3,79E+01	sej/kg	1,41E+12	5,34E+13	5
Total					1,94E+17	

Tabela B.3.1. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nas etapas de obra; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos; Coluna 4 – Unidade de emergia específica para conversão das quantidades encontradas em Emergia; Coluna 5 – Valor da Emergia Específica; Coluna 6 – Valor em emergia do recurso. Trata-se do produto da coluna 3 com a coluna 5; Coluna 7 – Fonte da transformidade ou emergia específica utilizada para conversão (vide anexo A).

A coluna 3 da tabela B.3.1. é formada pela soma das etapas 1 a 10, conforme demonstrado na tabela B.3.2.

Tabela B.3.2 – Quantidade de recursos por etapa da obra da casa substituição 2.

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5	Etapa 6	Etapa 7	Etapa 8	Etapa 9	Etapa 10
Aço	kg	6,42E+02	1,19E+01	3,30E+02	2,19E+02	0,00E+00	7,49E+01	2,41E-01	6,57E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Água	m ³	3,07E+01	2,16E+00	2,65E+00	2,15E+00	2,58E+00	3,21E+00	4,64E+00	1,67E+00	6,97E+00	2,32E+00	2,37E+00
Alumínio	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Areia	kg	3,06E+04	7,31E+02	4,41E+03	8,43E+03	5,76E+03	0,00E+00	7,91E+03	1,63E+02	3,11E+03	5,23E+01	4,48E+01
Argila	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cal	kg	3,43E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,62E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,84E+02	6,78E+00	5,81E+00
Cerâmica Esmaltada	kg	1,09E+03	0,00E+00	1,09E+03	0,00E+00	0,00E+00						
Cimento / Fibrocimento	kg	9,42E+03	2,99E+02	1,44E+03	2,31E+03	1,27E+03	9,07E+02	2,39E+03	4,00E+01	7,48E+02	6,39E+00	5,48E+00
Cobre	kg	9,97E+00	0,00E+00	2,82E+00	7,15E+00							
Desmoldante	kg	2,88E+00	0,00E+00	2,22E+00	6,59E-01	0,00E+00						
Emulsão Asfáltica	kg	3,90E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,90E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energia elétrica	J	2,23E+09	2,23E+08									
Estanho	kg	4,46E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,46E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Ferro	kg	1,85E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,85E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Gesso	kg	9,25E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,25E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Madeira	kg	2,91E+03	5,49E+02	4,67E+01	3,40E+02	0,00E+00	1,91E+03	0,00E+00	6,25E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Mão de obra	J	1,32E+09	9,43E+07	1,17E+08	9,53E+07	8,61E+07	1,40E+08	2,02E+08	7,29E+07	3,04E+08	1,01E+08	1,03E+08
Pedra	kg	2,19E+04	7,90E+02	4,91E+03	1,38E+04	2,42E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Plástico	kg	1,07E+01	0,00E+00	7,87E+00	1,42E+00	0,00E+00	1,38E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8,40E-03	0,00E+00
Borracha Reciclada	kg	2,11E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,11E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
PVC	kg	1,01E+02	0,00E+00	5,88E+01	4,19E+01							
Energia Solar	J	2,54E+08	2,54E+07									
Material Orgânico do Solo	J	1,49E+10	1,17E+10	3,18E+09	0,00E+00							
Tinta	kg	8,74E+01	0,00E+00	8,70E+01	3,97E-01	0,00E+00						
Vidros	kg	3,79E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,79E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela B.3.2. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nas etapas de obra; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma das etapas 1 a 10 – colunas 4 à 13); Coluna 4 – Etapa 1 – Canteiro de Obra e Serviços Preliminares; Coluna 5 – Etapa 2 – Fundação; Coluna 6 – Etapa 3 – Superestrutura; Coluna 7 – Etapa 4 – Fechamentos Internos e Externos; Coluna 8 – Etapa 5 – Cobertura; Coluna 9 – Etapa 6 – Revestimento Grosso e Impermeabilização; Coluna 10 – Etapa 7 – Esquadrias; Coluna 11 – Etapa 8 – Revestimento Fino e Acabamentos; Coluna 12 – Etapa 9 – Instalações Hidráulicas; Coluna 15 – Etapa 10 – Instalações Elétricas.

Etapa 1 – Instalação do Canteiro de Obras e Serviços Preliminares

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 2 – Fundação

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 3 – Superestrutura

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 4 – Fechamentos internos e externos

Tabela B.3.3. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 4 da casa substituição 2.

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos para esta etapa	Serviço 1
Água	m ³	2,58E+00	2,58E+00
Areia	kg	5,76E+03	5,76E+03
Cal	kg	4,62E+01	4,62E+01
Cimento/ Fibrocimento	kg	1,27E+03	1,27E+03
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00
Mão de obra	J	8,61E+07	8,61E+07
Pedra	kg	4,23E+03	4,23E+03
Borracha Reciclada	Kg	2,11E+03	2,11E+03
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00

Tabela B.3.3. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em energia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos; Coluna 4 – Serviço 1.

Serviço 1 – etapa 4 – Alvenaria de Vedação com blocos de concreto (TCPO – pg.207 – item 04201.8.1.2.)

Medição de alvenarias altas - anexo D - (m) = 3,05 + 3,08 + 7,30 + 0,8 + 1,70 + 3,35 + 1,45 (medidas horizontais); 2,88 + 1,20 + 3,55 + 3,55 + 1,20 + 2,95 + 3,55 (medidas verticais).
Perímetro = 39,61m.

Altura da alvenaria = 2,80m. .

Perímetro da alvenaria para bancada de cozinha americana = 1,45 + 2,95 = 4,40m. Altura da bancada = 1,40m.

Total de alvenarias = 39,61 x 2,80 + 4,40 x 1,40 = 117,07 m².

Para um total de 117,07m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 77,2662 h de pedreiro; 87,310806 h de servente; 1,22537 m³ areia; 46,2052 kg cal hidratada; 182,812 kg de cimento; 1510,203 blocos de concreto

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 164,58 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 164,58 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 8,61x10⁷ J.

Areia = m³ de material x densidade + massa de areia no bloco * número de blocos = 1,22537*1150 + 1510,203 * 2,88 = 5,76 x10³ kg.

Cal = 4,62x10¹ kg.

Cimento = massa de cimento + massa de cimento no bloco * número de blocos = $1,27 \times 10^3$ kg.
Pedra = m^3 de material x densidade + massa de pedra no bloco * número de blocos = $2,42 \times 10^3$ kg.
Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) + massa de água num bloco de concreto x densidade da água = $2,58 m^3$.

Serviços pertencentes a etapa 4 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.3.3.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = $58,33 m^2 \times (1,49 \times 10^7 J/m^2) \times 0,89 \times (120/365 \text{ dias de construção}) = 2,54 \times 10^8 J$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,54 \times 10^7 J$.
- Energia elétrica = Estimando $9,13 \times 10^3 \text{ kcal}/m^2$, tem-se um consumo de = $58,33 m^2 \times 9,13 \times 10^3 \text{ kcal}/m^2 \times 4186 J/\text{kcal} = 2,23 \times 10^9 J$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,23 \times 10^8$.

Etapa 5 – Cobertura

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 6 – Revestimento Grosso e Impermeabilização

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 7 – Esquadrias

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 8 – Revestimento fino e acabamentos

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 9 – Instalações Hidráulicas

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 10 – Instalações Elétricas

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Anexo B.4 – Cálculo em emergia “casa substituição 3”

Tabela B.4.1. – Quantidade total do levantamento das 10 etapas da casa substituição 3, ordenado em ordem alfabética do recurso, na unidade correspondente do levantamento e sua transformação para emergia.

Recurso	Unidade do levantamento (un.)	Quantidade total dos recursos (un.)	Unidade da Emergia por unidade (sej/un.)	Emergia por Unidade / Transformidade (sej/un.)	Emergia (sej)	Ref.
Aço	kg	3,36E+02	sej/kg	6,97E+12	2,34E+15	1
Água	m ³	2,22E+01	sej/m ³	7,75E+11	1,72E+13	7
Alumínio	kg	0,00E+00	sej/kg	2,13E+13	0,00E+00	1
Areia	kg	1,37E+04	sej/kg	1,68E+12	2,30E+16	4
Argila (tijolo)	kg	0,00E+00	sej/kg	4,80E+12	0,00E+00	1
Cal	kg	2,84E+02	sej/kg	1,68E+12	4,78E+14	4
Cerâmica Esmaltada	kg	1,09E+03	sej/kg	5,14E+12	5,62E+15	11
Cimento / Fibrocimento	kg	4,64E+03	sej/kg	3,04E+12	1,41E+16	2
Cobre	kg	9,97E+00	sej/kg	1,04E+14	1,04E+15	6
Desmoldante	kg	6,59E-01	sej/kg	2,55E+13	1,68E+13	1
Emulsão Asfáltica	kg	3,90E+01	sej/kg	2,55E+13	9,94E+14	1
Energia elétrica	J	2,23E+09	sej/J	2,69E+05	6,00E+14	7
Estanho	kg	4,46E-01	sej/kg	6,97E+12	3,11E+12	1
Ferro	kg	1,85E+01	sej/kg	6,97E+12	1,29E+14	1
Gesso	kg	1,19E+04	sej/kg	3,29E+12	3,93E+16	8
Madeira	kg	2,87E+03	sej/kg	8,79E+11	2,52E+15	7
Mão de obra	J	9,69E+08	sej/J	1,24E+07	1,20E+16	3
Pedra	kg	1,59E+04	sej/kg	1,68E+12	2,67E+16	4
Plástico	kg	2,81E+00	sej/kg	5,75E+12	1,61E+13	7
PVC	kg	1,01E+02	sej/kg	9,86E+12	9,94E+14	1
Energia Solar	J	2,54E+08	sej/J	1,00E+00	2,54E+08	10
Material Orgânico do Solo	J	1,17E+10	sej/J	1,24E+06	1,45E+16	9
Tinta	kg	8,74E+01	sej/kg	2,55E+13	2,23E+15	1
Vidros	kg	3,79E+01	sej/kg	1,41E+12	5,34E+13	5
Total					1,47E+17	

Tabela B.4.1. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nas etapas de obra; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos; Coluna 4 – Unidade de emergia específica para conversão das quantidades encontradas em Emergia; Coluna 5 – Valor da Emergia Específica; Coluna 6 – Valor em emergia do recurso. Trata-se do produto da coluna 3 com a coluna 5; Coluna 7 – Fonte da transformidade ou emergia específica utilizada para conversão (vide anexo A).

A coluna 3 da tabela B.4.1. é formada pela soma das etapas 1 a 10, conforme demonstrado na tabela B.4.2.

Tabela B.4.2 – Quantidade de recursos por etapa da obra da casa substituição 3.

Recurso	Un.	Quantidade	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5	Etapa 6	Etapa 7	Etapa 8	Etapa 9	Etapa 10
		Total dos recursos										
Aço	kg	3,36E+02	1,19E+01	2,35E+01	2,19E+02	0,00E+00	7,49E+01	2,41E-01	6,57E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Água	m3	2,22E+01	2,16E+00	6,61E-01	2,15E+00	5,62E-01	3,21E+00	1,14E-01	1,67E+00	6,97E+00	2,32E+00	2,37E+00
Alumínio	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Areia	kg	1,37E+04	7,31E+02	1,25E+03	8,43E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,63E+02	3,11E+03	0,00E+00	0,00E+00
Argila (tijolo)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cal	kg	2,84E+02	0,00E+00	2,84E+02	0,00E+00	0,00E+00						
Cerâmica Esmaltada	kg	1,09E+03	0,00E+00	1,09E+03	0,00E+00	0,00E+00						
Cimento / Fibrocimento	kg	4,64E+03	2,99E+02	3,31E+02	2,31E+03	0,00E+00	9,07E+02	0,00E+00	4,00E+01	7,48E+02	0,00E+00	0,00E+00
Cobre	kg	9,97E+00	0,00E+00	2,82E+00	7,15E+00							
Desmoldante	kg	6,59E-01	0,00E+00	0,00E+00	6,59E-01	0,00E+00						
Emulsão Asfáltica	kg	3,90E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,90E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energia elétrica	J	2,23E+09	2,23E+08									
Estanho	kg	4,46E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,46E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Ferro	kg	1,85E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,85E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Gesso	kg	1,19E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,17E+04	0,00E+00	9,25E+01	0,00E+00	0,00E+00	7,20E+01	6,12E+01
Madeira	kg	2,87E+03	5,49E+02	0,00E+00	3,40E+02	0,00E+00	1,91E+03	0,00E+00	6,25E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Mão de obra	J	9,69E+08	9,43E+07	2,90E+07	9,53E+07	2,45E+07	1,40E+08	4,95E+06	7,29E+07	3,04E+08	1,01E+08	1,03E+08
Pedra	kg	1,59E+04	7,90E+02	1,33E+03	1,38E+04	0,00E+00						
Plástico	kg	2,81E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,42E+00	0,00E+00	1,38E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8,40E-03	0,00E+00
PVC	kg	1,01E+02	0,00E+00	5,88E+01	4,19E+01							
Energia Solar	J	2,54E+08	2,54E+07									
Material Orgânico do Solo	J	1,17E+10	1,17E+10	0,00E+00								
Tinta	kg	8,74E+01	0,00E+00	8,70E+01	3,97E-01	0,00E+00						
Vidros	kg	3,79E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,79E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela B.4.2. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nas etapas de obra; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma das etapas 1 a 10 – colunas 4 à 13); Coluna 4 – Etapa 1 – Canteiro de Obra e Serviços Preliminares; Coluna 5 – Etapa 2 – Fundação; Coluna 6 – Etapa 3 – Superestrutura; Coluna 7 – Etapa 4 – Fechamentos Internos e Externos; Coluna 8 – Etapa 5 – Cobertura; Coluna 9 – Etapa 6 – Revestimento Grosso e Impermeabilização; Coluna 10 – Etapa 7 – Esquadrias; Coluna 11 – Etapa 8 – Revestimento Fino e Acabamentos; Coluna 12 – Etapa 9 – Instalações Hidráulicas; Coluna 15 – Etapa 10 – Instalações Elétricas

Etapa 1 – Instalação do Canteiro de Obras e Serviços Preliminares

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 2 – Fundação

A etapa 2 possui 1 serviço. A tabela B.4.3. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.4.3. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 2 da casa alteração 3.

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos para esta etapa	Serviço 1
Aço	kg	2,35E+01	2,35E+01
Água	m ³	6,61E-01	6,61E-01
Areia	kg	1,25E+03	1,25E+03
Cimento / Fibrocimento	kg	3,31E+02	3,31E+02
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00
Mão de obra	J	2,90E+07	2,90E+07
Pedra	kg	1,33E+03	1,33E+03
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00

Tabela B.4.3. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em energia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recurso; Coluna 4 – Serviço 1;

Serviço 4 – etapa 2 – Broca de Concreto Armado, controle tipo C (TCPO – pg. 80 – item 02465.8.1.1)

Adotando-se 12 brocas com 2m cada de profundidade

Comprimento total necessário = n° brocas x comprimento por broca

Comprimento total necessário = 12 x 2 = 24 m

Para um total de 24m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 55,0704 horas de servente; 1,0865 m³ areia; 0,2463 m³ de pedra 1; 0,7389 m³ pedra 2; 331,13 kg de cimento; 23,52 kg barras de aço; 0,3606 hprod betoneira elétrica de potência 2 HP.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente = 55,0704 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = (horas somadas de servente + horas de servente operando betoneira) x 125 kcal/h x 4186 J/kcal = 55,431 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 2,90x10⁷ J.

Areia = m³ de material x densidade = 1,0865m³ x 1,15x10³ kg/m³ = 1,25x10³kg.

Pedra = m³ de material x densidade = (0,2463+0,7389)m³ x 1,35x10³ kg/m³ = 1,33x10³kg.

Cimento = 3,31x10²kg.

Aço = massa de barras de aço + massa de aço da betoneira (depreciação) = 23,52 + (0,016x0,3606) = 2,35x10¹kg.

Água = (soma das horas trabalhadas de servente)x(coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 55,0704x0,012 = 6,61x10⁻¹ m³.

Serviços pertencentes a etapa 2 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.4.3.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = 58,33m² x (1,49x10⁷ J/m²) x 0,89 x (120/365 dias de construção) = 2,54x10⁸ J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = 2,54x10⁷ J.

- Energia elétrica = Estimando $9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2$, tem-se um consumo de $= 58,33 \text{ m}^2 \times 9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2 \times 4186 \text{ J/kcal} = 2,23 \times 10^9 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor $= 2,23 \times 10^8$.

Etapa 3 – Superestrutura

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 4 – Fechamentos internos e externos

A etapa 4 possui 1 serviço. O total dos recursos é o serviço 1. A tabela B.4.4. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.4.4. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 4 da casa alteração 3.

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos para esta etapa	Serviço 1
Água	m ³	5,62E-01	5,62E-01
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00
Gesso	kg	1,17E+04	1,17E+04
Mão de obra	J	2,45E+07	2,45E+07
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00

Tabela B.4.4. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em energia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos; Coluna 4 – Serviço 1.

Serviço 1 – etapa 4 – Alvenaria de Vedação com blocos cerâmicos furados (TCPO – pg. 200 – item 04211.8.2.3.)

Medição de alvenarias altas - anexo D - (m) = 3,05 + 3,08 + 7,30 + 0,8 + 1,70 + 3,35 + 1,45 (medidas horizontais); 2,88 + 1,20 + 3,55 + 3,55 + 1,20 + 2,95 + 3,55 (medidas verticais).
Perímetro = 39,61m.

Altura da alvenaria = 2,80m. .

Perímetro da alvenaria para bancada de cozinha americana = 1,45 + 2,95 = 4,40m. Altura da bancada = 1,40m.

Total de alvenarias = $39,61 \times 2,80 + 4,40 \times 1,40 = 117,07 \text{ m}^2$.

Para um total de $117,07 \text{ m}^2$ e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 29,2675 h de oficial; 17,5605 h de servente; 468,28 kg de gesso; 468,28 unidades de bloco de gesso.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 46,828 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 46,828 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $2,45 \times 10^7 \text{ J}$.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $46,828 \times 0,012 = 5,62 \times 10^{-1} \text{ m}^3$.

Gesso = massa de gesso + massa de blocos de gesso = 468,28 + (quantidade de blocos x massa unitária do bloco) = $468,28 + (468,28 \times 24,02) = 1,17 \times 10^4 \text{ kg}$

Serviços pertencentes a etapa 4 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.3.4.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = $58,33\text{m}^2 \times (1,49 \times 10^7 \text{ J/m}^2) \times 0,89 \times (120/365 \text{ dias de construção}) = 2,54 \times 10^8 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,54 \times 10^7 \text{ J}$.
- Energia elétrica = Estimando $9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2$, tem-se um consumo de = $58,33 \text{ m}^2 \times 9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2 \times 4186 \text{ J/kcal} = 2,23 \times 10^9 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,23 \times 10^8$.

Etapa 5 – Cobertura

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 6 – Revestimento Grosso e Impermeabilização

A etapa 6 possui 2 serviços. O total dos recursos é a soma dos serviços 1 à 2. A tabela B.4.5. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.4.5. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 6 da casa substituição 3.

Recurso	Un.	Quantidade		
		Total dos recursos para esta etapa	Serviço 1	Serviço 2
Aço	kg	2,41E-01	0,00E+00	2,41E-01
Água	m ³	1,14E-01	8,13E-02	3,23E-02
Emulsão Asfáltica	kg	3,90E+01	3,90E+01	0,00E+00
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00	0,00E+00
Gesso	kg	9,25E+01	0,00E+00	9,25E+01
Mão de obra	J	4,95E+06	3,55E+06	1,41E+06
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00	0,00E+00

Tabela B.4.5. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma dos serviços 1 a 2 – colunas 4 à 5); Coluna 4 – Serviço 1; Coluna 5 – Serviço 2.

Serviço 1 – etapa 6 – Impermeabilização de piso (TCPO – pg.238 – item 07110.8.4.1.)

Considerada impermeabilização nas áreas frias (cozinha e banheiro).

$$\text{Área sanitário} = 1,70 \times 2,95 = 4,02 \text{ m}^2$$

$$\text{Área Cozinha} = 2,95 \times (1,45 + 0,80) - (1,20 \times 0,80) = 5,68 \text{ m}^2$$

$$\text{Área sanitário} + \text{Área Cozinha} = 4,02 + 5,68 = 9,70 \text{ m}^2$$

$$\text{Perímetro de rodapé a ser impermeabilizada (40cm de altura)} = 2,95 \times 2 + 1,45 \times 2 + 2,95 \times 2 + 1,70 \times 2 = 18,1\text{m}$$

$$\text{Área de rodapé} = 18,1 \times 0,40 = 7,24 \text{ m}^2$$

$$\text{Área total} = 9,7 + 7,24 = 16,94 \text{ m}^2$$

Para um total de $16,94\text{m}^2$ e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 6,776 h de servente; 38,962 kg de emulsão asfáltica.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 6,776 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 6,776 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $3,55 \times 10^6$ J.

Emulsão asfáltica = $3,90 \times 10^1$ kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $8,13 \times 10^{-2}$ m³.

Serviço 2 – etapa 6 – Forro de gesso (TCPO – pg.302 – item 09500.8.8.5. – adaptado do texto “conteúdo do serviço”)

Área sanitário = $1,70 \times 2,95 = 4,02$ m²

Para um total de 4,02 m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 2,6934 h de gesso; 4,221 m² de painel de gesso acartonado; 12,06 kg de massa de rejunte em gesso; 12,06 kg de gesso para chumbamento de nervuras; 0,2412 kg de arame galvanizado.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 2,6934 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 2,6934 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $1,41 \times 10^6$ J.

Gesso = (área de gesso x massa por m² de gesso) + massa de rejunte em gesso + massa de gesso para chumbamento = $(4,221 \times 16,2) + 12,06 + 12,06 = 9,25 \times 10^1$ kg.

Aço = massa de arame galvanizado = $2,41 \times 10^{-1}$ kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $2,6934 \times 0,012 = 3,23 \times 10^{-2}$ m³.

Serviços pertencentes a etapa 6 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.4.5.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = $58,33 \text{ m}^2 \times (1,49 \times 10^7 \text{ J/m}^2) \times 0,89 \times (120/365 \text{ dias de construção}) = 2,54 \times 10^8$ J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,54 \times 10^7$ J.

- Energia elétrica = Estimando $9,13 \times 10^3$ kcal/m², tem-se um consumo de = $58,33 \text{ m}^2 \times 9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2 \times 4186 \text{ J/kcal} = 2,23 \times 10^9$ J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,23 \times 10^8$.

Etapa 7 – Esquadrias

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1

Etapa 8 – Revestimento fino e acabamentos

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1

Etapa 9 – Instalações Hidráulicas

A etapa 9 possui 8 serviços. O total dos recursos é a soma dos serviços 1 à 8. A tabela B.4.6. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.4.6. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 9 da casa substituição 3.

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos para esta etapa	Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4	Serviço 5	Serviço 6	Serviço 7	Serviço 8
Água	m ³	2,32E+00	5,24E-01	5,09E-01	3,16E-01	3,20E-01	1,86E-01	2,04E-01	1,26E-01	1,37E-01
Cobre	kg	2,82E+00	0,00E+00	2,82E+00						
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00							
Gesso	kg	7,20E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,24E+01	3,96E+01	0,00E+00
Mão de obra	J	1,01E+08	2,28E+07	2,22E+07	1,38E+07	1,40E+07	8,10E+06	8,90E+06	5,47E+06	5,97E+06
Plástico	kg	8,40E-03	0,00E+00	8,40E-03						
PVC	kg	5,88E+01	2,22E+01	2,26E+01	1,40E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00							
Tinta	kg	3,97E-01	8,06E-02	1,95E-01	1,21E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela B.4.6. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma dos serviços 1 a 7 – colunas 4 à 10); Coluna 4 – Serviço 1; Coluna 5 – Serviço 2; Coluna 6 – Serviço 3; Coluna 7 – Serviço 4; Coluna 8 – Serviço 5; Coluna 9 – Serviços 6; Coluna 10 – Serviço 7; Coluna 11 – Serviço 8.

Serviço 1 – etapa 9 – Água Fria (TCPO – pg.408 – item 15142.8.22.3).

Estimativa de comprimento necessário

Banheiro = 13m

Cozinha = 9,2m

Área de serviço = 7m

Área externa e chegada até a caixa d'água = 19,28m

Total = Banheiro + cozinha + área de serviço + área externa e cx água = 48,48m.

Para um total de 46,76m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 21,816 h de ajudante de encanador; 21,816 h de encanador; 0,02424 l de solução limpadora de PVC; 72,72 m de tubo soldável para PVC; 0,047 kg adesivo para tubo de PVC.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em emergia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 2,28x10⁷ J.

Tinta = considerando que solução limpadora e adesivos para PVC são considerados tinta = adesivo para tubo de PVC + (volume de solução limpadora x 1,39kg por litro) = 8,06x10⁻²kg.

PVC = comprimento da tubulação x massa por m de tubulação = 72,72 x 0,305 = 2,22x10¹kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 5,24x10⁻¹ m³.

Serviço 2 – etapa 9 – Tubulação de Esgoto (TCPO – pg.440 – item 15152.8.22.4) - Coeficientes da TCPO foram multiplicados pelos fatores que se seguem para considerar que já possuem as

conexões (assim como na tubulação Marrom): Ajudante e encanador = 2,11; Tubulação de PVC = 1,29; Pasta lubrificante de PVC = 1,31.)

Estimativa de comprimento necessário

Banheiro = 3,5m

Cozinha = 4m

Área de serviço = 4m

Área externa = 7,84m

Total = Banheiro + cozinha + área de serviço + área externa = 19,34 m.

Para um total de 19,34m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 21,219848 h de ajudante de encanador; 21,219848 h de encanador; 6,3822 unidades de anel de borracha para esgoto; 0,19508258 kg de pasta lubrificante de PVC; 25,198086 m de tubo PVC branco para esgoto.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $2,22 \times 10^7$ J.

Tinta = considerando pastas lubrificantes são considerados tinta = $1,95 \times 10^{-1}$ kg

PVC = (comprimento da tubulação x massa por m de tubulação) + (unidades de anel de borracha x massa por unidade) = $(25,198086 \times 0,89) + (6,3822 \times 0,03) = 2,26 \times 10^1$ kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $5,09 \times 10^{-1}$ m³.

Serviço 3 – etapa 9 – Tubulações de Águas Pluviais (Adotando mesmos coeficientes do serviço 2 etapa 9)

Considerando 4 descidas (1 por canto da casa), temos 4 descidas de 3m = 12m.

Para um total de 12m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 13,1664 h de ajudante de encanador; 13,1664 h de encanador; 3,96 anéis de borracha para tubo de PVC; 0,121044 kg de pasta lubrificante para tubo de PVC; 15,6348 m tubo de PVC branco.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $1,38 \times 10^7$ J.

Tinta = considerando pastas lubrificantes são considerados tinta = $1,21 \times 10^{-1}$ kg

PVC = (comprimento da tubulação x massa por m de tubulação) + (unidades de anel de borracha x massa por unidade) = $1,40 \times 10^1$ kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $3,16 \times 10^{-1}$ m³.

Serviço 4 – etapa 9 – Rasgos em alvenaria para passagem de tubulação de Água Fria (TCPO – pg. 187 – item 04050.8.1.2.)

Considerado que comprimento das tubulações é igual ao comprimento necessário para rasgos e fechamentos.

Comprimento tubulação de água fria = 48,48m = comprimento do rasgo.

Para um total de 48,48m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 7,272 h de pedreiro; 19,392 h de servente.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $1,40 \times 10^7$ J.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $3,20 \times 10^{-1}$ m³.

Serviço 5 – etapa 9 – Rasgos em alvenaria para passagem de tubulação de Esgoto (TCPO – pg. 187 – item 04050.8.1.2.)

Considerado que comprimento das tubulações é igual ao comprimento necessário para rasgos e fechamentos.

Comprimento de rasgos/fechamentos = Comprimento sistema de tubulação de esgoto = 19,34m

Para um total de 19,34m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 3,868 h de pedreiro; 11,604 h de servente.

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $8,10 \times 10^6$ J.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $1,86 \times 10^{-1}$ m³

Serviço 6 – etapa 9 – Fechamento de rasgos em Alvenarias para passagem de tubulação – Água Fria (TCPO – pg.188 – item 04050.8.2.2.)

Considerado que comprimento das tubulações é igual ao comprimento necessário para rasgos e fechamentos.

Comprimento tubulação de água fria = 48,48m = comprimento do rasgo

Para um total de 48,48m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 9,696 h de pedreiro; 7,310784 h de servente; 2,9088 kg de cimento; 0,02070096 m³ de areia; 3,088176 kg de cal.

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $8,90 \times 10^6$ J.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $2,04 \times 10^{-1}$ m³.

Gesso = Considerando que a massa para a subetapa 6 de cimento, areia e cal, segundo planilha da casa padrão é respectivamente de: cimento = 2,91Kg; cal = 3,09 kg; areia = 23,80kg. Utilizando a densidade para os materiais de: areia úmida = 1700kg/m³; cal hidratada = 1600kg/m³; cimento em sacos = 1200kg/m³ temos um volume para os materiais de: cimento = $2,425 \times 10^{-3}$ m³; cal = $1,93 \times 10^{-3}$ m³; areia = 0,014m³. Somando-se os volumes temos: 0,018 m³. Adotando-se uma densidade de 1800kg/m³, temos em gesso $3,24 \times 10^1$ kg.

Serviço 7 – etapa 9 – Fechamento de rasgos em Alvenarias para passagem de tubulação – Esgoto (TCPO – pg.188 – item 04050.8.2.2.)

Considerado que comprimento das tubulações é igual ao comprimento necessário para rasgos e fechamentos.

Comprimento de rasgos/fechamentos = Comprimento sistema de tubulação de esgoto = 19,34m

Para um total de 19,34m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 6,3822 h de pedreiro; 4,076872 h de servente; 3,4812 kg de cimento; 0,02477454 m³ de areia; 3,655874 kg de cal.

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 5,47x10⁶ J.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 1,26x10⁻¹ m³.

Gesso = Considerando que a massa para a subetapa 7 de cimento, areia e cal, segundo planilha da casa padrão é respectivamente de: cimento = 3,48Kg; cal = 3,70 kg; areia = 28,50kg. Utilizando a densidade para os materiais de: areia umida = 1700kg/m³; cal hidratada = 1600kg/m³; cimento em sacos = 1200kg/m³ temos um volume para os materiais de: cimento = 2,9E-3m³; cal = 2,31E-3m³; areia = 0,017m³. Somando-se os volumes temos: 0,022 m³. Adotando-se uma densidade de 1800kg/m³, temos em gesso 3,96x10¹kg.

Serviço 8 – etapa 9 – Registro de gaveta com canopla (TCPO – pg.378 – item 15110.8.1.13.)

Considerando 6 registros, sendo 3 no banheiro, 1 na cozinha, 1 na área de serviço e 1 externo.

Para um total de 6 registros e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 5,7 h de ajudante de encanador; 6 registros de pressão com canopla; 8,4 m fita de vedação para tubos e conexões 18mm.

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 5,97x10⁶ J.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 1,37x10⁻¹ m³.

Cobre = (quantidade de registros x massa por registro) = 6 x 0,47 = 2,82 kg.

Plástico = comprimento de fita de vedação x massa por m de fita = 8,4x0,001 = 8,4x10⁻³kg.

Serviços pertencentes a etapa 9 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.4.6.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = 58,33m² x (1,49x10⁷ J/m²) x 0,89 x (120/365 dias de construção) = 2,54x10⁸ J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = 2,54x10⁷ J.

- Energia elétrica = Estimando 9,13x10³kcal/m², tem-se um consumo de = 58,33 m² x 9,13x10³ kcal/m² x 4186 J/kcal = 2,23x10⁹J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = 2,23x10⁸.

Etapa 10 – Instalações Elétricas

A etapa 10 possui 4 serviços. O total dos recursos é a soma dos serviços 1 à 4. A tabela B.4.7. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.4.7. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 10 da casa substituição 3.

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos para esta etapa	Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4
Água	m ³	2,37E+00	6,57E-01	7,23E-01	6,02E-01	3,84E-01
Cobre	kg	7,15E+00	0,00E+00	7,15E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Gesso	kg	6,12E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,12E+01
Mão de obra	J	1,03E+08	2,87E+07	3,15E+07	2,63E+07	1,68E+07
PVC	kg	4,19E+01	4,02E+01	1,79E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela B.4.7. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma dos serviços 1 a 4 – colunas 4 à 7); Coluna 4 – Serviço 1; Coluna 5 – Serviço 2; Coluna 6 – Serviço 3; Coluna 7 – Serviço 4.

Serviço 1 – etapa 10 – Eletroduto de PVC rígido rosqueável (TCPO – pg.479 – item 16132.8.2.3.)

Considerando que todos os circuitos passam por dentro de 1 único eletroduto.

Considerando que há eletrodutos em todas as paredes internas da casa e da área de serviço = 3,05 + 3,08 + 3,05 + 3,08 + 3,35 + 1,45 + 0,80 + 1,70 + 0,80 + 1,70 + 3,35 + 1,45 + 2,95 + 1,20 + 3,55 x 4 + 2,95 x 2 + 2,95 + 1,20 = 55,26m.

Considerando que em todos os comodos haverá uma subida e uma descida em eletroduto = quantidade (subida e descida) x metros de altura x quantidade de ambientes = 2 x 3 x 6 = 36m. Total em m de eletroduto - Perímetro dos ambientes + Subida dos comodos = 55,26 + 36 = 91,26m.

Para um total de 91,26m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 27,378 h de ajudante de eletricista; 27,378 h de eletricista; 100,386 m de eletroduto de PVC rígido rosqueável de 1”.

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 2,87x10⁷ J.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 6,57x10⁻¹ m³.

PVC = (comprimento da tubulação x massa por m de tubulação) = (100,386x0,4) = 4,02x10¹kg.

Serviço 2 – etapa 10 – Cabo isolado em PVC flexível (TCPO – pg.472 – item 16120.8.1.38)

Considerando que em todos os eletrodutos são passados 3 cabinhos de 2,5mm².

Comprimento de cabinhos = 3 x comprimento de eletrodutos = 3 x 91,26 = 273,78 m

Para um total de 273,78m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 30,1158 h de ajudante de eletricista; 30,1158h de eletricista; 279,2556 m de cabo flexível em PVC baixa tensão.

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 3,15x10⁷ J.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $7,23 \times 10^{-1} \text{ m}^3$.

PVC e Cobre = Considerando que 1 rolo de 100m de cabinho $2,5\text{mm}^2$ possui 3,2kg. Isto é, 1m cabinho possui 0,032g. Considerando que 80% é cobre e 20% PVC. Cobre = $279,2556 \times 0,80 \times 0,032 = 7,15\text{kg}$. PVC = $279,2556 \times 0,20 \times 0,032 = 1,79\text{kg}$.

Serviço 3 – etapa 10 – Rasgos em alvenaria para passagem de tubulação de elétrica (TCPO – pg.187 – item 04050.8.1.2.)

Perímetro de rasgos/fechamentos em alvenaria = comprimento dos eletrodutos = 91,26m.

Para um total de 91,26m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 13,689 h de pedreiro; 36,504 h de servente

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $2,63 \times 10^7 \text{ J}$.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $6,02 \times 10^{-1} \text{ m}^3$.

Serviço 4 – etapa 10 – Fechamento de rasgos em alvenaria para passagem de tubulação de elétrica (TCPO – pg.188 – item 04050.8.2.2.)

Perímetro de rasgos/fechamentos em alvenaria = comprimento dos eletrodutos = 91,26m.

Para um total de 91,26m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 18,252 h de pedreiro; 13,762008 h de servente; 5,4756 kg de cimento; $0,03896802 \text{ m}^3$ de areia; 5,813262 kg de cal.

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $1,68 \times 10^7 \text{ J}$.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $3,84 \times 10^{-1} \text{ m}^3$.

Gesso = Considerando que a massa para a subetapa 4 de cimento, areia e cal, segundo planilha da casa padrão é respectivamente de: cimento = 5,48Kg; cal = 5,81 kg; areia = 44,80kg. Utilizando a densidade para os materiais de: areia úmida = $1700\text{kg}/\text{m}^3$; cal hidratada = $1600\text{kg}/\text{m}^3$; cimento em sacos = $1200\text{kg}/\text{m}^3$ temos um volume para os materiais de: cimento = $4,57\text{E}-3 \text{ m}^3$; cal = $3,63 \times 10^{-3} \text{ m}^3$; areia = $0,026\text{m}^3$. Somando-se os volumes temos: $0,034 \text{ m}^3$. Adotando-se uma densidade de $1800\text{kg}/\text{m}^3$, temos em gesso $6,12 \times 10^1 \text{ kg}$.

Serviços pertencentes a etapa 10 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.4.7.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = $58,33\text{m}^2 \times (1,49 \times 10^7 \text{ J}/\text{m}^2) \times 0,89 \times (120/365 \text{ dias de construção}) = 2,54 \times 10^8 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,54 \times 10^7 \text{ J}$.

- Energia elétrica = Estimando $9,13 \times 10^3 \text{ kcal}/\text{m}^2$, tem-se um consumo de = $58,33 \text{ m}^2 \times 9,13 \times 10^3 \text{ kcal}/\text{m}^2 \times 4186 \text{ J}/\text{kcal} = 2,23 \times 10^9 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,23 \times 10^8$.

Anexo B.5 – Cálculo em emergia “casa substituição 4”

Tabela B.5.1. – Quantidade total do levantamento das 10 etapas da casa substituição 4, ordenado em ordem alfabética do recurso, na unidade correspondente do levantamento e sua transformação para emergia.

Recurso	Unidade do levantamento (un.)	Quantidade total dos recursos (un.)	Unidade da Emergia por unidade (sej/un.)	Emergia por Unidade / Transformidade (sej/un.)	Emergia (sej)	Ref.
Aço	kg	6,44E+02	sej/kg	6,97E+12	4,49E+15	1
Água	m ³	3,22E+01	sej/m ³	7,75E+11	2,49E+13	7
Alumínio	kg	0,00E+00	sej/kg	2,13E+13	0,00E+00	1
Areia	kg	2,74E+04	sej/kg	1,68E+12	4,60E+16	4
Argila (tijolo)	kg	9,03E+03	sej/kg	4,80E+12	4,33E+16	1
Cal	kg	5,85E+02	sej/kg	1,68E+12	9,82E+14	4
Cerâmica Esmaltada	kg	1,09E+03	sej/kg	5,14E+12	5,62E+15	11
Cimento / Fibrocimento	kg	8,54E+03	sej/kg	3,04E+12	2,60E+16	2
Cobre	kg	9,97E+00	sej/kg	1,04E+14	1,04E+15	6
Desmoldante	kg	2,88E+00	sej/kg	2,55E+13	7,33E+13	1
Emulsão Asfáltica	kg	3,90E+01	sej/kg	2,55E+13	9,94E+14	1
Energia elétrica	J	2,23E+09	sej/J	2,69E+05	6,00E+14	7
Estanho	kg	4,46E-01	sej/kg	6,97E+12	3,11E+12	1
Ferro	kg	0,00E+00	sej/kg	6,97E+12	0,00E+00	1
Gesso	kg	9,25E+01	sej/kg	3,29E+12	3,04E+14	8
Madeira	kg	3,13E+03	sej/kg	8,79E+11	2,75E+15	7
Mão de obra	J	1,41E+09	sej/J	1,24E+07	1,74E+16	3
Pedra	kg	1,95E+04	sej/kg	1,68E+12	3,27E+16	4
Plástico	kg	1,07E+01	sej/kg	5,75E+12	6,14E+13	7
PVC	kg	1,01E+02	sej/kg	9,86E+12	9,94E+14	1
Energia Solar	J	2,54E+08	sej/J	1,00E+00	2,54E+08	10
Material Orgânico do Solo	J	1,49E+10	sej/J	1,24E+06	1,85E+16	9
Tinta	kg	8,74E+01	sej/kg	2,55E+13	2,23E+15	1
Vidros	kg	7,58E+01	sej/kg	1,41E+12	1,07E+14	5
Total					2,04E+17	

Tabela B.5.1. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nas etapas de obra; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos; Coluna 4 – Unidade de emergia específica para conversão das quantidades encontradas em Emergia; Coluna 5 – Valor da Emergia Específica; Coluna 6 – Valor em emergia do recurso. Trata-se do produto da coluna 3 com a coluna 5; Coluna 7 – Fonte da transformidade ou emergia específica utilizada para conversão (vide anexo A).

A coluna 3 da tabela B.5.1. é formada pela soma das etapas 1 a 10, conforme demonstrado na tabela B.5.2.

Tabela B.5.2 – Quantidade de recursos por etapa da obra da casa substituição 4.

Recurso	Un.	Quantidade	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5	Etapa 6	Etapa 7	Etapa 8	Etapa 9	Etapa 10
		Total dos recursos										
Aço	kg	6,44E+02	1,19E+01	3,30E+02	2,19E+02	0,00E+00	7,49E+01	2,41E-01	8,72E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Água	m3	3,22E+01	2,16E+00	2,65E+00	2,15E+00	3,00E+00	3,21E+00	4,64E+00	2,72E+00	6,97E+00	2,32E+00	2,37E+00
Alumínio	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Areia	kg	2,74E+04	7,31E+02	4,41E+03	8,43E+03	2,22E+03	0,00E+00	7,91E+03	4,65E+02	3,11E+03	5,23E+01	4,48E+01
Argila (tijolo)	kg	9,03E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,03E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cal	kg	5,85E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,88E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,84E+02	6,78E+00	5,81E+00
Cerâmica Esmaltada	kg	1,09E+03	0,00E+00	1,09E+03	0,00E+00	0,00E+00						
Cimento / Fibrocimento	kg	8,54E+03	2,99E+02	1,44E+03	2,31E+03	2,88E+02	9,07E+02	2,39E+03	1,46E+02	7,48E+02	6,39E+00	5,48E+00
Cobre	kg	9,97E+00	0,00E+00	2,82E+00	7,15E+00							
Desmoldante	kg	2,88E+00	0,00E+00	2,22E+00	6,59E-01	0,00E+00						
Emulsão Asfáltica	kg	3,90E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,90E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energia elétrica	J	2,23E+09	2,23E+08									
Estanho	kg	4,46E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,46E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Ferro	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Gesso	kg	9,25E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,25E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Madeira	kg	3,13E+03	5,49E+02	4,67E+01	3,40E+02	0,00E+00	1,91E+03	0,00E+00	2,81E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Mão de obra	J	1,41E+09	9,43E+07	1,17E+08	9,53E+07	1,31E+08	1,40E+08	2,02E+08	1,19E+08	3,04E+08	1,01E+08	1,03E+08
Pedra	kg	1,95E+04	7,90E+02	4,91E+03	1,38E+04	0,00E+00						
Plástico	kg	1,07E+01	0,00E+00	7,87E+00	1,42E+00	0,00E+00	1,38E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8,40E-03	0,00E+00
PVC	kg	1,01E+02	0,00E+00	5,88E+01	4,19E+01							
Energia Solar	J	2,54E+08	2,54E+07									
Material Orgânico do Solo	J	1,49E+10	1,17E+10	3,18E+09	0,00E+00							
Tinta	kg	8,74E+01	0,00E+00	8,70E+01	3,97E-01	0,00E+00						
Vidros	kg	7,58E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,58E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela B.5.2. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nas etapas de obra; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma das etapas 1 a 10 – colunas 4 à 13); Coluna 4 – Etapa 1 – Canteiro de Obra e Serviços Preliminares; Coluna 5 – Etapa 2 – Fundação; Coluna 6 – Etapa 3 – Superestrutura; Coluna 7 – Etapa 4 – Fechamentos Internos e Externos; Coluna 8 – Etapa 5 – Cobertura; Coluna 9 – Etapa 6 – Revestimento Grosso e Impermeabilização; Coluna 10 – Etapa 7 – Esquadrias; Coluna 11 – Etapa 8 – Revestimento Fino e Acabamentos; Coluna 12 – Etapa 9 – Instalações Hidráulicas; Coluna 15 – Etapa 10 – Instalações Elétricas

Etapa 1 – Instalação do Canteiro de Obras e Serviços Preliminares

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 2 – Fundação

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 3 – Superestrutura

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 4 – Fechamentos internos e externos

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 5 – Cobertura

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 6 – Revestimento Grosso e Impermeabilização

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 7 – Esquadrias

A etapa 7 possui 4 serviços. O total dos recursos é a soma dos serviços 1 à 4. A tabela B.5.3. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.5.3. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 7 da casa substituição 4.

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos para esta etapa	Serviço			
			Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4
Aço	kg	8,72E+00	1,36E+00	1,12E+00	7,96E-01	5,45E+00
Água	m ³	2,72E+00	7,53E-01	4,36E-01	1,05E+00	4,80E-01
Areia	kg	4,65E+02	3,46E+02	4,86E+01	7,04E+01	0,00E+00
Cimento / Fibrocimento	kg	1,46E+02	1,30E+02	9,34E+00	6,79E+00	0,00E+00
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Madeira	kg	2,81E+02	1,40E+02	6,25E+01	7,92E+01	0,00E+00
Mão de obra	J	1,19E+08	3,28E+07	1,90E+07	4,58E+07	2,09E+07
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Vidros	kg	7,58E+01	0,00E+00	0,00E+00	7,58E+01	0,00E+00

Tabela B.5.3. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergência; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma dos serviços 1 a 4 – colunas 4 à 7); Coluna 4 – Serviço 1; Coluna 5 – Serviço 2; Coluna 6 – Serviço 3; Coluna 7 – Serviço 4.

Serviço 1 – etapa 7 – Batente e guarnição de madeira (TCPO – pg.265 – item 02210.8.8.1.)

Quantidade de portas de 2,10 x 0,80 = 3

Quantidade de portas de 2,10 x 0,70 = 2

Medida linear dos batentes (considerando 2 cm a mais em cada um dos lados) = 2,12 + 0,82 + 2,12 = 5,06m.

Medida linear dos batentes (considerando 2 cm a mais em cada um dos lados) = $2,12 + 0,72 + 2,12 = 4,96\text{m}$.

Total em metros dos batentes = $3 \times 5,06 + 2 \times 4,96 = 25,10\text{m}$

Para um total de 25,10m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 32,63 h de oficial; 30,12 h de servente; $0,3012 \text{ m}^3$ areia; 130,269 kg de cimento; 2,259 kg de prego 16x24 com cabeça; 150,6 unidades de taco de madeira espessura 15mm, altura 60mm de peroba; 4,6435 unidades de batente de madeira para porta de uma folha espessura 35mm, largura 140mm, perímetro 5,40m – peroba; 9,287 unidades guarnição de madeira para porta largura 50mm, espessura 10mm – peroba.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x $4186\text{J/kcal} = 3,28 \times 10^7 \text{ J}$.

Areia = m^3 de material x densidade = $3,46 \times 10^2 \text{ kg}$.

Cimento = $1,30 \times 10^2 \text{ kg}$.

Aço = 1,36 kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $7,53 \times 10^{-1} \text{ m}^3$.

Madeira = (massa de taco x quantidade de tacos) + (massa do batente x quantidade de batentes) + (massa da guarnição x quantidade de guarnições) = $(0,00005 \times 150,6) + (28,98 \times 4,6435) + (0,55 \times 9,287) = 1,40 \times 10^2 \text{ kg}$.

Serviço 2 – etapa 7 – Porta de madeira (TCPO – pg.265 – item 08210.8.7.15.)

Quantidade de portas de $2,10 \times 0,80 = 3$

Quantidade de portas de $2,10 \times 0,70 = 2$

Área de portas = $2,10 \times 0,80 \times 3 + 2,10 \times 0,70 \times 2 = 7,98 \text{ m}^2$.

Para um total de $7,98 \text{ m}^2$ e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 7,98 h de ajudante de carpinteiro; 17,556 h de carpinteiro; 3,192 h de pedreiro; 7,581 h de ajudante; $0,042294 \text{ m}^3$ de areia; 9,3366 kg de cimento; 1,1172 kg de prego 15x15; $7,98 \text{ m}^2$ de porta de madeira.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x $4186\text{J/kcal} = \text{horas trabalhadas} \times 125 \text{ kcal/h} \times 4186\text{J/kcal} = 1,90 \times 10^7 \text{ J}$.

Areia = m^3 de material x densidade = $4,86 \times 10^1 \text{ kg}$.

Cimento = 9,34 kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $4,36 \times 10^{-1} \text{ m}^3$.

Aço = 1,12 kg.

Madeira = (área de portas x massa por m^2 de porta) = $7,98 \times 7,83 = 6,25 \times 10^1 \text{ kg}$.

Serviço 3 – etapa 7 – Janelas de madeira de abrir (TCPO – pg.281 – item 08550.9.1.5.). Adequado para este trabalho.

Quantidade de janelas de correr $1,20 \times 1,20 = 4$.

Quantidade de janelas basculantes 0,60x0,60 = 1. Adotados mesmos critérios da TCPO para janelas de correr.

Área de janelas = $1,20 \times 1,20 \times 4 + 0,60 \times 0,60 \times 1 = 6,12 \text{ m}^2$.

Para um total de $6,12 \text{ m}^2$ e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 31,518 h de ajudante de carpinteiro; 31,518 h de carpinteiro; 12,24 h de pedreiro; 12,24 h de servente; $0,0612 \text{ m}^3$ de areia; 6,7932 kg de cimento; 0,7956 kg prego 18x27; $6,12 \text{ m}^2$ de janela de madeira de abrir.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $4,58 \times 10^7 \text{ J}$.

Areia = m^3 de material x densidade = $7,04 \times 10^1 \text{ kg}$.

Cimento = $6,79 \times 10 \text{ kg}$.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $1,05 \text{ m}^3$.

Aço = $7,96 \times 10^{-1} \text{ kg}$.

Madeira e Vidro = Considerando que os vidros possuem massa de 12,38 kg/m² (vide anexo A), temos uma massa de madeira de 12,94 kg/m². Massa de vidro = área de janelas x 12,38 = $7,58 \times 10^1 \text{ kg}$ de vidro. Massa de madeira = área de janelas x 12,94 = $7,92 \times 10^1 \text{ kg}$ de madeira.

Serviço 4 – etapa 7 – Ferragens para portas (TCPO – pg.285 – item 08710.8.9.1.)

Considerando 1 conjunto para cada porta. Como há 5 portas, há 5 conjuntos.

Para um total de 5 conjuntos e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 20h de carpinteiro; 5 fechaduras completas; 15 dobradiças de aço para porta; 20h ajudante de carpinteiro.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $2,09 \times 10^7 \text{ J}$.

Aço = (quantidade de fechaduras x massa por fechadura) + (quantidade de dobradiças x massa por dobradiça) = $(5 \times 0,54) + (15 \times (0,55/3)) = 5,45 \text{ kg}$.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $4,80 \times 10^{-1} \text{ m}^3$.

Serviços pertencentes a etapa 7 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.5.3.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = $58,33 \text{ m}^2 \times (1,49 \times 10^7 \text{ J/m}^2) \times 0,89 \times (120/365 \text{ dias de construção}) = 2,54 \times 10^8 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,54 \times 10^7 \text{ J}$.

- Energia elétrica = Estimando $9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2$, tem-se um consumo de = $58,33 \text{ m}^2 \times 9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2 \times 4186 \text{ J/kcal} = 2,23 \times 10^9 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,23 \times 10^8$.

Etapa 8 – Revestimento fino e acabamentos

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 9 – Instalações Hidráulicas

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 10 – Instalações Elétricas

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Anexo B.6 – Cálculo em energia “casa substituição 5”

Tabela B.6.1. – Quantidade total do levantamento das 10 etapas da casa substituição 5, ordenado em ordem alfabética do recurso, na unidade correspondente do levantamento e sua transformação para energia.

Recurso	Unidade do levantamento (un.)	Quantidade total dos recursos (un.)	Unidade da Energia por unidade (sej/un.)	Energia por Unidade / Transformidade (sej/un.)	Energia (sej)	Ref.
Aço	kg	6,35E+02	sej/kg	6,97E+12	4,43E+15	1
Água	m ³	3,00E+01	sej/m ³	7,75E+11	2,33E+13	7
Alumínio	kg	1,80E-01	sej/kg	2,13E+13	3,83E+12	1
Areia	kg	2,70E+04	sej/kg	1,68E+12	4,53E+16	4
Argila (tijolo)	kg	9,03E+03	sej/kg	4,80E+12	4,33E+16	1
Cal	kg	5,85E+02	sej/kg	1,68E+12	9,82E+14	4
Cerâmica Esmaltada	kg	1,09E+03	sej/kg	5,14E+12	5,62E+15	11
Cimento / Fibrocimento	kg	8,41E+03	sej/kg	3,04E+12	2,56E+16	2
Cobre	kg	9,97E+00	sej/kg	1,04E+14	1,04E+15	6
Desmoldante	kg	2,88E+00	sej/kg	2,55E+13	7,33E+13	1
Emulsão Asfáltica	kg	3,90E+01	sej/kg	2,55E+13	9,94E+14	1
Energia elétrica	J	2,23E+09	sej/J	2,69E+05	6,00E+14	7
Estanho	kg	4,46E-01	sej/kg	6,97E+12	3,11E+12	1
Ferro	kg	0,00E+00	sej/kg	6,97E+12	0,00E+00	1
Gesso	kg	9,25E+01	sej/kg	3,29E+12	3,04E+14	8
Madeira	kg	2,85E+03	sej/kg	8,79E+11	2,51E+15	7
Mão de obra	J	1,31E+09	sej/J	1,24E+07	1,63E+16	3
Pedra	kg	1,95E+04	sej/kg	1,68E+12	3,27E+16	4
Plástico	kg	1,09E+01	sej/kg	5,75E+12	6,27E+13	7
PVC	kg	1,59E+02	sej/kg	9,86E+12	1,57E+15	1
Energia Solar	J	2,54E+08	sej/J	1,00E+00	2,54E+08	10
Material Orgânico do	J	1,49E+10	sej/J	1,24E+06	1,85E+16	9

Solo

Tinta	kg	8,74E+01	sej/kg	2,55E+13	2,23E+15	1
Vidros	kg	3,79E+01	sej/kg	1,41E+12	5,34E+13	5
Total				2,02E+17		

Tabela B.6.1. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nas etapas de obra; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos; Coluna 4 – Unidade de emergia especifica para conversão das quantidades encontradas em Emergia; Coluna 5 – Valor da Emergia Especifica; Coluna 6 – Valor em emergia do recurso. Trata-se do produto da coluna 3 com a coluna 5; Coluna 7 – Fonte da transformidade ou emergia específica utilizada para conversão (vide anexo A).

A coluna 3 da tabela B.6.1. é formada pela soma das etapas 1 a 10, conforme demonstrado na tabela B.6.2.

Tabela B.6.2 – Quantidade de recursos por etapa da obra da casa substituição 5.

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5	Etapa 6	Etapa 7	Etapa 8	Etapa 9	Etapa 10
Aço	kg	6,35E+02	1,19E+01	3,30E+02	2,19E+02	0,00E+00	7,49E+01	2,41E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Água	m ³	3,00E+01	2,16E+00	2,65E+00	2,15E+00	3,00E+00	3,21E+00	4,64E+00	5,80E-01	6,97E+00	2,32E+00	2,37E+00
Alumínio	kg	1,80E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,80E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Areia	kg	2,70E+04	7,31E+02	4,41E+03	8,43E+03	2,22E+03	0,00E+00	7,91E+03	7,04E+01	3,11E+03	5,23E+01	4,48E+01
Argila (tijolo)	kg	9,03E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,03E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cal	kg	5,85E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,88E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,84E+02	6,78E+00	5,81E+00
Cerâmica Esmaltada	kg	1,09E+03	0,00E+00	1,09E+03	0,00E+00	0,00E+00						
Cimento / Fibrocimento	kg	8,41E+03	2,99E+02	1,44E+03	2,31E+03	2,88E+02	9,07E+02	2,39E+03	1,22E+01	7,48E+02	6,39E+00	5,48E+00
Cobre	kg	9,97E+00	0,00E+00	2,82E+00	7,15E+00							
Desmoldante	kg	2,88E+00	0,00E+00	2,22E+00	6,59E-01	0,00E+00						
Emulsão Asfáltica	kg	3,90E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,90E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energia elétrica	J	2,23E+09	2,23E+08									
Estanho	kg	4,46E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,46E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Ferro	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Gesso	kg	9,25E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,25E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Madeira	kg	2,85E+03	5,49E+02	4,67E+01	3,40E+02	0,00E+00	1,91E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Mão de obra	J	1,31E+09	9,43E+07	1,17E+08	9,53E+07	1,31E+08	1,40E+08	2,02E+08	2,53E+07	3,04E+08	1,01E+08	1,03E+08
Pedra	kg	1,95E+04	7,90E+02	4,91E+03	1,38E+04	0,00E+00						
Plástico	kg	1,09E+01	0,00E+00	7,87E+00	1,42E+00	0,00E+00	1,38E+00	0,00E+00	2,25E-01	0,00E+00	8,40E-03	0,00E+00
PVC	kg	1,59E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,86E+01	0,00E+00	5,88E+01	4,19E+01
Energia Solar	J	2,54E+08	2,54E+07									
Material Orgânico do Solo	J	1,49E+10	1,17E+10	3,18E+09	0,00E+00							
Tinta	kg	8,74E+01	0,00E+00	8,70E+01	3,97E-01	0,00E+00						
Vidros	kg	3,79E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,79E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela B.6.2. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nas etapas de obra; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma das etapas 1 a 10 – colunas 4 à 13); Coluna 4 – Etapa 1 – Canteiro de Obra e Serviços Preliminares; Coluna 5 – Etapa 2 – Fundação; Coluna 6 – Etapa 3 – Superestrutura; Coluna 7 – Etapa 4 – Fechamentos Internos e Externos; Coluna 8 – Etapa 5 – Cobertura; Coluna 9 – Etapa 6 – Revestimento Grosso e Impermeabilização; Coluna 10 – Etapa 7 – Esquadrias; Coluna 11 – Etapa 8 – Revestimento Fino e Acabamentos; Coluna 12 – Etapa 9 – Instalações Hidráulicas; Coluna 15 – Etapa 10 – Instalações Elétricas

Etapa 1 – Instalação do Canteiro de Obras e Serviços Preliminares

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 2 – Fundação

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 3 – Superestrutura

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 4 – Fechamentos internos e externos

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 5 – Cobertura

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 6 – Revestimento Grosso e Impermeabilização

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 7 – Esquadrias

A etapa 7 possui 3 serviços. O total dos recursos é a soma dos serviços 1 à 3. A tabela B.6.3. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.6.3. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 7 da casa substituição 5.

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos para esta etapa	Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3
Água	m ³	5,80E-01	2,16E-01	1,44E-01	2,20E-01
Alumínio	kg	1,80E-01	1,08E-01	7,20E-02	0,00E+00
Areia	kg	7,04E+01	0,00E+00	0,00E+00	7,04E+01
Cimento / Fibrocimento	kg	1,22E+01	0,00E+00	0,00E+00	1,22E+01
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Mão de obra	J	2,53E+07	9,42E+06	6,28E+06	9,61E+06
Plástico	kg	2,25E-01	1,35E-01	9,00E-02	0,00E+00
PVC	kg	5,86E+01	1,50E+01	8,00E+00	3,56E+01
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Vidros	kg	3,79E+01	0,00E+00	0,00E+00	3,79E+01
--------	----	----------	----------	----------	----------

Tabela B.6.3. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em energia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma dos serviços 1 a 3 – colunas 4 à 6); Coluna 4 – Serviço 1; Coluna 5 – Serviço 2; Coluna 6 – Serviço 3.

Serviço 1 – etapa 7 – Porta de PVC (TCPO – pg.265 – item 08220.8.1.1.)

Quantidade de portas de 2,10 x 0,80 = 3

Para um total de 3 portas e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 9 h de pedreiro; 9 h de servente; 36 unidades de rebites de alumínio (comprimento 21,60mm, diâmetro 1/8”, diâmetro nominal 4mm); 30 unidades de parafusos autoatarraxantes cabeça tipo panela; 0,75 l de espuma poliuretano (densidade = 20kg/m³); 3 unidade de porta de PVC de abrir.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 9,42x10⁶ J.

Alumínio = massa unitária dos rebites x quantidade de rebites = 0,003 x 36 = 1,08x10⁻¹kg.

Plástico = volume de espuma x densidade = 0,75 x 0,02 = 1,5x10⁻²kg.

PVC = massa porta x quantidade portas = 5 x 3 = 1,50x10¹kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 2,16x10⁻¹ m³.

Serviço 2 – etapa 7 – Porta de PVC (TCPO – pg.265 – item 08220.8.1.1.)

Quantidade de portas de 2,10 x 0,70 = 2

Para um total de 3 portas e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 6 h de pedreiro; 6 h de servente; 24 unidades de rebites de alumínio (comprimento 21,60mm, diâmetro 1/8”, diâmetro nominal 4mm); 20 unidades de parafusos autoatarraxantes cabeça tipo panela; 0,5 l de espuma poliuretano (densidade = 20kg/m³); 2 unidade de porta de PVC de abrir.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 6,28x10⁶ J.

alumínio = massa unitária dos rebites x quantidade de rebites = 0,003 x 36 = 7,20x10⁻²kg.

Plástico = volume de espuma x densidade = 0,5 x 0,02 = 1,00x10⁻²kg.

PVC = massa porta x quantidade portas = 4 x 2 = 8,00kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 1,44x10⁻¹ m³.

Serviço 3 – etapa 7 – Janelas de PVC (TCPO – pg.284 – item 08560.8.1.4.)

Quantidade de janelas de correr 1,20x1,20 = 4

Quantidade de janelas basculantes 0,60x0,60 = 1. Adotados mesmos critérios da TCPO para janelas de correr

Área de janelas = 1,20 x 1,20 x 4 + 0,60 x 0,60 x 1 = 6,12 m².

Para um total de 6,12m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 9,18h de servente; 9,18 h de pedreiro; 0,0612 m³ de areia; 12,24 kg de cimento; 6,12 m² janelas de PVC.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $9,61 \times 10^6$ J.

Areia = m^3 de material x densidade = $7,04 \times 10^1$ kg.

Cimento = $1,22 \times 10^1$ kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $1,20 \times 10^{-1} m^3$.

PVC e Vidro = Adotando que $1m^2$ de janela de PVC possui 12 kg de massa total, sendo 6,19 kg/m² de vidro, conclui-se que a massa de PVC é de 5,81kg/m². Para 6,12 m² de caixilhos de PVC tem-se $3,56 \times 10^1$ kg de PVC e $3,79 \times 10^1$ kg de vidro.

Serviços pertencentes a etapa 7 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.6.3.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = $58,33m^2 \times (1,49 \times 10^7 J/m^2) \times 0,89 \times (120/365 \text{ dias de construção}) = 2,54 \times 10^8$ J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,54 \times 10^7$ J.

- Energia elétrica = Estimando $9,13 \times 10^3$ kcal/m², tem-se um consumo de = $58,33 m^2 \times 9,13 \times 10^3$ kcal/m² x 4186 J/kcal = $2,23 \times 10^9$ J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,23 \times 10^8$.

Etapa 8 – Revestimento fino e acabamentos

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 9 – Instalações Hidráulicas

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 10 – Instalações Elétricas

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Anexo B.7. – Cálculo em emergia “casa substituição 6”

Tabela B.7.1. – Quantidade total do levantamento das 10 etapas da casa substituição 6, ordenado em ordem alfabética do recurso, na unidade correspondente do levantamento e sua transformação para emergia.

Recurso	Unidade do levantamento (un.)	Quantidade total dos recursos (un.)	Unidade da Emergia por unidade (sej/un.)	Emergia por Unidade / Transformidade (sej/un.)	Emergia (sej)	Ref.
Aço	kg	6,50E+02	sej/kg	6,97E+12	4,53E+15	1
Água	m ³	3,60E+01	sej/m ³	7,75E+11	2,79E+13	7
Alumínio	kg	0,00E+00	sej/kg	2,13E+13	0,00E+00	1
Areia	kg	2,73E+04	sej/kg	1,68E+12	4,59E+16	4
Argila (tijolo)	kg	1,13E+04	sej/kg	4,80E+12	5,41E+16	1
Cal	kg	6,15E+02	sej/kg	1,68E+12	1,03E+15	4
Cerâmica Esmaltada	kg	1,09E+03	sej/kg	5,14E+12	5,62E+15	11
Cimento / Fibrocimento	kg	7,56E+03	sej/kg	3,04E+12	2,30E+16	2
Cobre	kg	9,97E+00	sej/kg	1,04E+14	1,04E+15	6
Desmoldante	kg	2,88E+00	sej/kg	2,55E+13	7,33E+13	1
Emulsão Asfáltica	kg	3,90E+01	sej/kg	2,55E+13	9,94E+14	1
Energia elétrica	J	2,23E+09	sej/J	2,69E+05	6,00E+14	7
Estanho	kg	4,46E-01	sej/kg	6,97E+12	3,11E+12	1
Ferro	kg	1,85E+01	sej/kg	6,97E+12	1,29E+14	1
Gesso	kg	9,25E+01	sej/kg	3,29E+12	3,04E+14	8
Madeira	kg	4,19E+03	sej/kg	8,79E+11	3,68E+15	7
Mão de obra	J	1,57E+09	sej/J	1,24E+07	1,95E+16	3
Pedra	kg	1,95E+04	sej/kg	1,68E+12	3,27E+16	4
Plástico	kg	9,30E+00	sej/kg	5,75E+12	5,35E+13	7
PVC	kg	1,01E+02	sej/kg	9,86E+12	9,94E+14	1
Energia Solar	J	2,54E+08	sej/J	1,00E+00	2,54E+08	10
Material Orgânico do Solo	J	1,49E+10	sej/J	1,24E+06	1,85E+16	9
Tinta	kg	8,74E+01	sej/kg	2,55E+13	2,23E+15	1
Vidros	kg	3,79E+01	sej/kg	1,41E+12	5,34E+13	5
Total					2,15E+17	

Tabela B.7.1. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nas etapas de obra; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos; Coluna 4 – Unidade de emergia específica para conversão das quantidades encontradas em Emergia; Coluna 5 – Valor da Emergia Específica; Coluna 6 – Valor em emergia do recurso. Trata-se do produto da coluna 3 com a coluna 5; Coluna 7 – Fonte da transformidade ou emergia específica utilizada para conversão (vide anexo A).

A coluna 3 da tabela B.7.1. é formada pela soma das etapas 1 a 10, conforme demonstrado na tabela B.7.2.

Tabela B.7.2 – Quantidade de recursos por etapa da obra da casa substituição 6.

Recurso	Un.	Quantidade	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5	Etapa 6	Etapa 7	Etapa 8	Etapa 9	Etapa 10
		Total dos recursos										
Aço	kg	6,50E+02	1,19E+01	3,30E+02	2,19E+02	0,00E+00	8,31E+01	2,41E-01	6,57E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Água	m3	3,60E+01	2,16E+00	2,65E+00	2,15E+00	3,00E+00	8,06E+00	4,64E+00	1,67E+00	6,97E+00	2,32E+00	2,37E+00
Alumínio	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Areia	kg	2,73E+04	7,31E+02	4,41E+03	8,43E+03	2,22E+03	2,76E+02	7,91E+03	1,63E+02	3,11E+03	5,23E+01	4,48E+01
Argila (tijolo)	kg	1,13E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,03E+03	2,24E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cal	kg	6,15E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,88E+02	3,08E+01	0,00E+00	0,00E+00	2,84E+02	6,78E+00	5,81E+00
Cerâmica Esmaltada	kg	1,09E+03	0,00E+00	1,09E+03	0,00E+00	0,00E+00						
Cimento / Fibrocimento	kg	7,56E+03	2,99E+02	1,44E+03	2,31E+03	2,88E+02	3,08E+01	2,39E+03	4,00E+01	7,48E+02	6,39E+00	5,48E+00
Cobre	kg	9,97E+00	0,00E+00	2,82E+00	7,15E+00							
Desmoldante	kg	2,88E+00	0,00E+00	2,22E+00	6,59E-01	0,00E+00						
Emulsão Asfáltica	kg	3,90E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,90E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energia elétrica	J	2,23E+09	2,23E+08									
Estanho	kg	4,46E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,46E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Ferro	kg	1,85E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,85E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Gesso	kg	9,25E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,25E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Madeira	kg	4,19E+03	5,49E+02	4,67E+01	3,40E+02	0,00E+00	3,19E+03	0,00E+00	6,25E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Mão de obra	J	1,57E+09	9,43E+07	1,17E+08	9,53E+07	1,31E+08	3,51E+08	2,02E+08	7,29E+07	3,04E+08	1,01E+08	1,03E+08
Pedra	kg	1,95E+04	7,90E+02	4,91E+03	1,38E+04	0,00E+00						
Plástico	kg	9,30E+00	0,00E+00	7,87E+00	1,42E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8,40E-03	0,00E+00
PVC	kg	1,01E+02	0,00E+00	5,88E+01	4,19E+01							
Energia Solar	J	2,54E+08	2,54E+07									
Material Orgânico do Solo	J	1,49E+10	1,17E+10	3,18E+09	0,00E+00							
Tinta	kg	8,74E+01	0,00E+00	8,70E+01	3,97E-01	0,00E+00						
Vidros	kg	3,79E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,79E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela B.7.2. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nas etapas de obra; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma das etapas 1 a 10 – colunas 4 à 13); Coluna 4 – Etapa 1 – Canteiro de Obra e Serviços Preliminares; Coluna 5 – Etapa 2 – Fundação; Coluna 6 – Etapa 3 – Superestrutura; Coluna 7 – Etapa 4 – Fechamentos Internos e Externos; Coluna 8 – Etapa 5 – Cobertura; Coluna 9 – Etapa 6 – Revestimento Grosso e Impermeabilização; Coluna 10 – Etapa 7 – Esquadrias; Coluna 11 – Etapa 8 – Revestimento Fino e Acabamentos; Coluna 12 – Etapa 9 – Instalações Hidráulicas; Coluna 15 – Etapa 10 – Instalações Elétricas

Etapa 1 – Instalação do Canteiro de Obras e Serviços Preliminares

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 2 – Fundação

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 3 – Superestrutura

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 4 – Fechamentos internos e externos

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 5 – Cobertura

A etapa 5 possui 5 serviços. O total dos recursos é a soma dos serviços 1 à 5. A tabela B.7.3. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.7.3. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 5 da casa padrão.

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos para esta etapa	Serviço				
			Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4	Serviço 5
Aço	kg	8,31E+01	4,37E+01	0,00E+00	0,00E+00	1,99E+01	1,94E+01
Água	m ³	8,06E+00	4,94E+00	2,47E+00	9,11E-02	3,75E-01	1,79E-01
Areia	kg	2,76E+02	0,00E+00	2,55E+02	2,14E+01	0,00E+00	0,00E+00
Argila (tijolo/telhas)	kg	2,24E+03	0,00E+00	2,19E+03	5,58E+01	0,00E+00	0,00E+00
Cal	kg	3,08E+01	0,00E+00	2,83E+01	2,41E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cimento / Fibrocimento	kg	3,08E+01	0,00E+00	2,83E+01	2,41E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Estanho	kg	4,46E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,46E-01	0,00E+00
Madeira	kg	3,19E+03	3,19E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Mão de obra	J	3,51E+08	2,15E+08	1,08E+08	3,97E+06	1,64E+07	7,79E+06
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela B.7.3. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma dos serviços 1 a 5 – colunas 4 à 8); Coluna 4 – Serviço 1; Coluna 5 – Serviço 2; Coluna 6 – Serviço 3; Coluna 7 – Serviço 4; Coluna 8 – Serviço 5.

Serviço 1 – etapa 5 – Estrutura de madeira para telha cerâmica (TCPO – pg. 234 – item 06110.8.1.3.)

Considerada toda a área da edificação

Área = 7,84x7,44

Área = 58,33m²

Para um total de 58,33m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 205,9049 h de servente; 205,9049 h de oficial; 13,9992 kg de prego 18x27; 29,7483kg de ferragem para telhados; 2,9165 m³ de madeira peroba.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em emergia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 411,8098 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 411,8098 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $2,15 \times 10^8$ J.

Aço = massa de pregos + massa de ferragens = $4,37 \times 10^1$ kg.

Madeira = volume de madeira x densidade da madeira = $2,9165 \times 1093,75 = 3,19 \times 10^3$ kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $411,8098 \times 0,012 = 4,94$ m³.

Serviço 2 – etapa 5 – Cobertura com telha cerâmica (TCPO – pg. 249 – item 07320.8.3.2.)

Considerada toda a área da edificação

Área = $7,84 \times 7,44$

Área = $58,33$ m²

Para um total de $58,33$ m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 118,4099 h de ajudante de telhadista; 87,495 h de telhadista; $0,221654$ m³ de areia; 28,34838 kg de cal; 28,34838 kg de cimento; 1458,25 unidades de telha cerâmica tipo paulista.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 205,9049 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 205,9049 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $1,08 \times 10^8$ J.

Areia = $2,55 \times 10^2$ kg.

Cal = $2,83 \times 10^1$ kg.

Cimento = $2,83 \times 10^1$ kg.

Argila = massa de uma telha x quantidade de telhas = $1,5 \times 1458,25 = 2,19 \times 10^3$ kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $2,47$ m³.

Serviço 3 – etapa 5 – Emboçamento de cumeeira para telha cerâmica - fibrocimento (TCPO – pg. 255 – item 07320.8.15.1)

Divisão de águas ocorrerá no eixo de 7,44m

Perímetro = 7,44m

Para um total de 7,44m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 3,72 h de pedreiro; 3,8688 h de servente; $0,0186$ m³ de areia; 2,41056 kg de cal; 2,41056 kg de cimento; 22,32 unidades de cumeeira tipo espigão.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = $3,97 \times 10^6$ J.

Areia = $2,14 \times 10^1$ kg.

Cal = 2,41 kg.

Cimento = 2,41 kg.

Argila = quantidade de cumeeiras x massa unitária = $22,32 \times 2,5 = 5,58 \times 10^1$ kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $9,11 \times 10^{-2}$ m³.

Serviço 4 – etapa 5 – Calha de chapa galvanizada 26 (TCPO – pg. 258 – item 07712.8.1.7.)

Divisão de águas ocorrerá no eixo de 7,44m

$$2 \times \text{Perímetro} = 2 \times 7,44\text{m} = 14,88\text{m}$$

Para um total de 14,88m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 15,624 h de servente; 15,624 h de oficial; 1,0416 kg de prego 15x15; 0,4464 kg de rebite de ferro zincado; 0,4464 kg de estanho para solda; 15,3264 m de calha de chapa galvanizada espessura 50mm, curvatura 28 cm.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 31,248 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 31,248 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $1,64 \times 10^7$ J.

Estanho = 0,4464 kg.

Aço galvanizado = massa de prego 15x15 + rebites + comprimento de calha x massa por m de calha = 1,49 + 15,3264 x 1,2 = $1,99 \times 10^1$ kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $3,75 \times 10^{-1}$ m³.

Serviço 5 – etapa 5 – Rufo de chapa de aço galvanizado (TCPO – pg. 258 – item 07620.8.2.5.)

Divisão de águas ocorrerá no eixo de 7,44m

$$2 \times \text{Perímetro} = 2 \times 7,44\text{m} = 14,88\text{m}$$

Para um total de 14,88m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 7,44 h de ajudante de telhadista; 7,44 h de telhadista; 1,0416 kg de prego 15x15; 15,3264 m rufo de chapa galvanizada.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = $7,79 \times 10^6$ J.

Aço = massa por m de rufo x comprimento do rufo + massa de prego = 1,2 x 15,3264 + 1,04 = $1,94 \times 10^1$ kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $1,79 \times 10^{-1}$ m³.

Serviços pertencentes a etapa 5 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.7.3.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = $58,33\text{m}^2 \times (1,49 \times 10^7 \text{ J/m}^2) \times 0,89 \times (120/365 \text{ dias de construção}) = 2,54 \times 10^8$ J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,54 \times 10^7$ J.

- Energia elétrica = Estimando $9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2$, tem-se um consumo de = $58,33 \text{ m}^2 \times 9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2 \times 4186 \text{ J/kcal} = 2,23 \times 10^9$ J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,23 \times 10^8$.

Etapa 6 – Revestimento Grosso e Impermeabilização

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 7 – Esquadrias

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 8 – Revestimento fino e acabamentos

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 9 – Instalações Hidráulicas

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 10 – Instalações Elétricas

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Anexo B.8. – Cálculo em energia “casa substituição 7”

Tabela B.8.1. – Quantidade total do levantamento das 10 etapas da casa substituição 7, ordenado em ordem alfabética do recurso, na unidade correspondente do levantamento e sua transformação para energia.

Recurso	Unidade do levantamento (un.)	Quantidade total dos recursos (un.)	Unidade da Energia por unidade (sej/un.)	Energia por Unidade / Transformidade (sej/un.)	Energia (sej)	Ref.
Aço	kg	6,44E+02	sej/kg	6,97E+12	4,49E+15	1
Água	m ³	3,13E+01	sej/m ³	7,75E+11	2,43E+13	7
Alumínio	kg	8,28E-01	sej/kg	2,13E+13	1,76E+13	1
Areia	kg	2,71E+04	sej/kg	1,68E+12	4,55E+16	4
Argila (tijolo / telhas)	kg	9,03E+03	sej/kg	4,80E+12	4,33E+16	1
Cal	kg	5,85E+02	sej/kg	1,68E+12	9,82E+14	4
Cerâmica Esmaltada	kg	1,09E+03	sej/kg	5,14E+12	5,62E+15	11
Cimento / Fibrocimento	kg	7,60E+03	sej/kg	3,04E+12	2,31E+16	2
Cobre	kg	9,97E+00	sej/kg	1,04E+14	1,04E+15	6
Desmoldante	kg	2,88E+00	sej/kg	2,55E+13	7,33E+13	1
Emulsão Asfáltica	kg	3,90E+01	sej/kg	2,55E+13	9,94E+14	1
Energia elétrica	J	2,23E+09	sej/J	2,69E+05	6,00E+14	7

Estanho	kg	4,46E-01	sej/kg	6,97E+12	3,11E+12	1
Ferro	kg	1,85E+01	sej/kg	6,97E+12	1,29E+14	1
Gesso	kg	9,25E+01	sej/kg	3,29E+12	3,04E+14	8
Madeira	kg	2,91E+03	sej/kg	8,79E+11	2,56E+15	7
Mão de obra	J	1,37E+09	sej/J	1,24E+07	1,70E+16	3
Pedra	kg	1,95E+04	sej/kg	1,68E+12	3,27E+16	4
Plástico	kg	9,54E+00	sej/kg	5,75E+12	5,48E+13	7
PVC	kg	2,45E+02	sej/kg	9,86E+12	2,41E+15	1
Energia Solar	J	2,54E+08	sej/J	1,00E+00	2,54E+08	10
Material Orgânico do Solo	J	1,49E+10	sej/J	1,24E+06	1,85E+16	9
Tinta	kg	8,74E+01	sej/kg	2,55E+13	2,23E+15	1
Vidros	kg	3,79E+01	sej/kg	1,41E+12	5,34E+13	5
Total				2,02E+17		

Tabela B.8.1. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nas etapas de obra; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos; Coluna 4 – Unidade de emergia específica para conversão das quantidades encontradas em Emergia; Coluna 5 – Valor da Emergia Específica; Coluna 6 – Valor em emergia do recurso. Trata-se do produto da coluna 3 com a coluna 5; Coluna 7 – Fonte da transformidade ou emergia específica utilizada para conversão (vide anexo A).

A coluna 3 da tabela B.8.1. é formada pela soma das etapas 1 a 10, conforme demonstrado na tabela B.8.2.

Tabela B.8.2 – Quantidade de recursos por etapa da obra da casa substituição 7.

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos	Etapas									
			Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5	Etapa 6	Etapa 7	Etapa 8	Etapa 9	Etapa 10
Aço	kg	6,44E+02	1,19E+01	3,30E+02	2,19E+02	0,00E+00	7,73E+01	2,41E-01	6,57E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Água	m3	3,13E+01	2,16E+00	2,65E+00	2,15E+00	3,00E+00	3,36E+00	4,64E+00	1,67E+00	6,97E+00	2,32E+00	2,37E+00
Alumínio	kg	8,28E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8,28E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Areia	kg	2,71E+04	7,31E+02	4,41E+03	8,43E+03	2,22E+03	0,00E+00	7,91E+03	1,63E+02	3,11E+03	5,23E+01	4,48E+01
Argila (tijolo / telhas)	kg	9,03E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,03E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cal	kg	5,85E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,88E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,84E+02	6,78E+00	5,81E+00
Cerâmica Esmaltada	kg	1,09E+03	0,00E+00	1,09E+03	0,00E+00	0,00E+00						
Cimento / Fibrocimento	kg	7,60E+03	2,99E+02	1,44E+03	2,31E+03	2,88E+02	7,51E+01	2,39E+03	4,00E+01	7,48E+02	6,39E+00	5,48E+00
Cobre	kg	9,97E+00	0,00E+00	2,82E+00	7,15E+00							
Desmoldante	kg	2,88E+00	0,00E+00	2,22E+00	6,59E-01	0,00E+00						
Emulsão Asfáltica	kg	3,90E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,90E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energia elétrica	J	2,23E+09	2,23E+08									
Estanho	kg	4,46E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,46E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Ferro	kg	1,85E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,85E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Gesso	kg	9,25E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,25E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Madeira	kg	2,91E+03	5,49E+02	4,67E+01	3,40E+02	0,00E+00	1,91E+03	0,00E+00	6,25E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Mão de obra	J	1,37E+09	9,43E+07	1,17E+08	9,53E+07	1,31E+08	1,47E+08	2,02E+08	7,29E+07	3,04E+08	1,01E+08	1,03E+08
Pedra	kg	1,95E+04	7,90E+02	4,91E+03	1,38E+04	0,00E+00						
Plástico	kg	9,54E+00	0,00E+00	7,87E+00	1,42E+00	0,00E+00	2,38E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8,40E-03	0,00E+00
PVC	kg	2,45E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,44E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,88E+01	4,19E+01

Energia Solar	J	2,54E+08	2,54E+07									
Material Orgânico do Solo	J	1,49E+10	1,17E+10	3,18E+09	0,00E+00							
Tinta	kg	8,74E+01	0,00E+00	8,70E+01	3,97E-01	0,00E+00						
Vidros	kg	3,79E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,79E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela B.8.2. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nas etapas de obra; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma das etapas 1 a 10 – colunas 4 à 13); Coluna 4 – Etapa 1 – Canteiro de Obra e Serviços Preliminares; Coluna 5 – Etapa 2 – Fundação; Coluna 6 – Etapa 3 – Superestrutura; Coluna 7 – Etapa 4 – Fechamentos Internos e Externos; Coluna 8 – Etapa 5 – Cobertura; Coluna 9 – Etapa 6 – Revestimento Grosso e Impermeabilização; Coluna 10 – Etapa 7 – Esquadrias; Coluna 11 – Etapa 8 – Revestimento Fino e Acabamentos; Coluna 12 – Etapa 9 – Instalações Hidráulicas; Coluna 15 – Etapa 10 – Instalações Elétricas

Etapa 1 – Instalação do Canteiro de Obras e Serviços Preliminares

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 2 – Fundação

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 3 – Superestrutura

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 4 – Fechamentos internos e externos

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 5 – Cobertura

A etapa 5 possui 5 serviços. O total dos recursos é a soma dos serviços 1 à 5. A tabela B.8.3. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.8.3. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 5 da casa substituição 7.

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos para esta etapa	Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4	Serviço 5
Aço	kg	7,73E+01	3,44E+01	0,00E+00	3,57E+00	1,99E+01	1,94E+01
Água	m ³	3,36E+00	2,48E+00	3,08E-01	2,14E-02	3,75E-01	1,79E-01
Alumínio	kg	8,28E-01	0,00E+00	8,28E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cimento / Fibrocimento	kg	7,51E+01	0,00E+00	0,00E+00	7,51E+01	0,00E+00	0,00E+00
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Estanho	kg	4,46E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,46E-01	0,00E+00

Madeira	kg	1,91E+03	1,91E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Mão de obra	J	1,47E+08	1,08E+08	1,34E+07	9,34E+05	1,64E+07	7,79E+06
Plástico	kg	2,38E-01	0,00E+00	0,00E+00	2,38E-01	0,00E+00	0,00E+00
PVC	kg	1,44E+02	0,00E+00	1,44E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela B.8.3. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma dos serviços 1 a 5 – colunas 4 à 8); Coluna 4 – Serviço 1; Coluna 5 – Serviço 2; Coluna 6 – Serviço 3; Coluna 7 – Serviço 4; Coluna 8 – Serviço 5.

Serviço 1 – etapa 5 – Estrutura de madeira para telha cerâmica (TCPO – pg. 234 – item 06110.8.3.1.)

Considerada toda a área da edificação

Área = 7,84x7,44

Área = 58,33m²

Para um total de 58,33m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 103,2441 h servente; 103,2441 h de oficial; 10,4994 kg de prego 18x27; 23,9153 kg de ferragem para telhados; 1,7499m³ de madeira tipo peroba.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em emergia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 206,4882 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 206,4882 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 1,08x10⁸ J.

Aço = massa de pregos + massa de ferragens = 3,44x10¹kg.

Madeira = volume de madeira x densidade da madeira = 1,7499 x 1093,75 = 1,91x10³kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 206,4882x0,012 = 2,48 m³.

Serviço 2 – etapa 5 – Cobertura com telha PVC (TCPO – pg. 253 – item 07320.8.7.1.)

Considerada toda a área da edificação

Área = 7,84x7,44

Área = 58,33m²

Para um total de 58,33m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 12,8326 h ajudante de telhadista; 12,8326 h telhadista; 71,7459 m² telha de PVC rígido; 82,8286 unidades de gancho de alumínio; 82,8286 unidades de arruela de PVC.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em emergia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 1,34x10⁷ J.

PVC = (massa por m² x área de telhas de PVC) + (quantidade de arruelas de PVC x massa unitária de arruelas) = (2x71,7459) + (82,8286 x 0,004) = 1,44x10²kg.

Alumínio = quantidade de peças x massa unitária = 82,8286 x 0,01 = 8,28x10⁻¹kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 3,08x10⁻¹ m³.

Serviço 3 – etapa 5 – Cumeeira articulada de fibrocimento (TCPO – pg. 254 – item 07320.8.12.4)

Divisão de águas ocorrerá no eixo de 7,44m
Perímetro = 7,44m

Para um total de 7,44m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 0,8928 h de servente; 0,8928 h de oficial; 29,76 unidades de parafusos com rosca soberba galvanizado (comprimento 110mm diâmetro de 8mm); 7,7376 unidades de cumeeira para telha; 29,76 unidades de conjunto de vedação elástica.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 1,7856 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 1,7856 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $9,34 \times 10^5$ J.

Aço = quantidade de parafusos x massa unitária do parafuso = 3,57kg.

Plástico = quantidade de conjuntos de vedação x massa unitária por conjunto de vedação = $2,38 \times 10^{-1}$ kg.

Fibrocimento/Cimento = quantidade de cumeeira de fibrocimento x massa por unidade de cumeeira de fibrocimento = $7,7376 \times 9,7 = 7,51 \times 10^1$ kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $2,14 \times 10^{-2}$ m³.

Serviço 4 – etapa 5 – Calha de chapa galvanizada 26 (TCPO – pg. 258 – item 07712.8.1.7.)

Divisão de águas ocorrerá no eixo de 7,44m
2 x Perímetro = 2 x 7,44m = 14,88m

Para um total de 14,88m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 15,624 h de servente; 15,624 h de oficial; 1,0416 kg de prego 15x15; 0,4464 kg de rebite de ferro zincado; 0,4464 kg de estanho para solda; 15,3264 m de calha de chapa galvanizada espessura 50mm, curvatura 28 cm.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 31,248 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 31,248 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $1,64 \times 10^7$ J.

Estanho = 0,4464 kg.

Aço galvanizado = massa de prego 15x15 + rebites + comprimento de calha x massa por m de calha = $15,3264 \times 1,2 + 1,49 = 1,99 \times 10^1$ kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $3,75 \times 10^{-1}$ m³.

Serviço 5 – etapa 5 – Rufo de chapa de aço galvanizado (TCPO – pg. 258 – item 07620.8.2.5.)

Divisão de águas ocorrerá no eixo de 7,44m
2 x Perímetro = 2 x 7,44m = 14,88m

Para um total de 14,88m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 7,44 h de ajudante de telhadista; 7,44 h de telhadista; 1,0416 kg de prego 15x15; 15,3264 m rufo de chapa galvanizada.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = $7,79 \times 10^6$ J.

Aço = prego + massa por m de rufo x comprimento do rufo = $1,2 \times 15,3264 + 1,04 = 1,94 \times 10^1$ kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $1,79 \times 10^{-1} \text{ m}^3$.

Serviços pertencentes a etapa 5 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.8.3.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = $58,33 \text{ m}^2 \times (1,49 \times 10^7 \text{ J/m}^2) \times 0,89 \times (120/365 \text{ dias de construção}) = 2,54 \times 10^8 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,54 \times 10^7 \text{ J}$.

- Energia elétrica = Estimando $9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2$, tem-se um consumo de = $58,33 \text{ m}^2 \times 9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2 \times 4186 \text{ J/kcal} = 2,23 \times 10^9 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,23 \times 10^8$.

Etapa 6 – Revestimento Grosso e Impermeabilização

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 7 – Esquadrias

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 8 – Revestimento fino e acabamentos

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 9 – Instalações Hidráulicas

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 10 – Instalações Elétricas

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Anexo B.9. – Cálculo em emergia “casa final”

Tabela B.9.1. – Quantidade total do levantamento das 10 etapas da casa final, ordenado em ordem alfabética do recurso, na unidade correspondente do levantamento e sua transformação para emergia.

Recurso	Unidade do levantamento (un.)	Quantidade total dos recursos (un.)	Unidade da Emergia por unidade (sej/un.)	Emergia por Unidade / Transformidade (sej/un.)	Emergia (sej)	Ref.
Aço	kg	3,36E+02	sej/kg	6,97E+12	2,34E+15	1
Água	m ³	2,22E+01	sej/m ³	7,75E+11	1,72E+13	7
Alumínio	kg	0,00E+00	sej/kg	2,13E+13	0,00E+00	1
Areia	kg	1,37E+04	sej/kg	1,68E+12	2,30E+16	4
Argila (tijolo)	kg	0,00E+00	sej/kg	4,80E+12	0,00E+00	1
Cal	kg	2,84E+02	sej/kg	1,68E+12	4,78E+14	4
Cerâmica Esmaltada	kg	1,09E+03	sej/kg	5,14E+12	5,62E+15	11
Cimento / Fibrocimento	kg	4,64E+03	sej/kg	3,04E+12	1,41E+16	2
Cobre	kg	9,97E+00	sej/kg	1,04E+14	1,04E+15	6
Desmoldante	kg	6,59E-01	sej/kg	2,55E+13	1,68E+13	1
Emulsão Asfáltica	kg	3,90E+01	sej/kg	2,55E+13	9,94E+14	1
Energia elétrica	J	2,23E+09	sej/J	2,69E+05	6,00E+14	7
Estanho	kg	4,46E-01	sej/kg	6,97E+12	3,11E+12	1
Ferro	kg	1,85E+01	sej/kg	6,97E+12	1,29E+14	1
Gesso	kg	1,19E+04	sej/kg	3,29E+12	3,93E+16	8
Madeira	kg	2,87E+03	sej/kg	8,79E+11	2,52E+15	7
Mão de obra	J	9,69E+08	sej/J	1,24E+07	1,20E+16	3
Pedra	kg	1,59E+04	sej/kg	1,68E+12	2,67E+16	4
Plástico	kg	2,81E+00	sej/kg	5,75E+12	1,61E+13	7
PVC	kg	1,01E+02	sej/kg	9,86E+12	9,94E+14	1
Energia Solar	J	2,54E+08	sej/J	1,00E+00	2,54E+08	10
Material Orgânico do Solo	J	1,17E+10	sej/J	1,24E+06	1,45E+16	9
Tinta	kg	8,74E+01	sej/kg	2,55E+13	2,23E+15	1
Vidros	kg	3,79E+01	sej/kg	1,41E+12	5,34E+13	5
Total					1,47E+17	

Tabela B.9.1. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nas etapas de obra; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos; Coluna 4 – Unidade de emergia específica para conversão das quantidades encontradas em Emergia; Coluna 5 – Valor da Emergia Específica; Coluna 6 – Valor em emergia do recurso. Trata-se do produto da coluna 3 com a coluna 5; Coluna 7 – Fonte da transformidade ou emergia específica utilizada para conversão (vide anexo A).

A coluna 3 da tabela B.9.1. é formada pela soma das etapas 1 a 10, conforme demonstrado na tabela B.9.2.

Tabela B.9.2 – Quantidade de recursos por etapa da obra da casa final.

Recurso	Un.	Quantidade										
		Total dos recursos	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5	Etapa 6	Etapa 7	Etapa 8	Etapa 9	Etapa 10
Aço	kg	3,36E+02	1,19E+01	2,35E+01	2,19E+02	0,00E+00	7,49E+01	2,41E-01	6,57E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Água	m3	2,22E+01	2,16E+00	6,61E-01	2,15E+00	5,62E-01	3,21E+00	1,14E-01	1,67E+00	6,97E+00	2,32E+00	2,37E+00
Alumínio	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Areia	kg	1,37E+04	7,31E+02	1,25E+03	8,43E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,63E+02	3,11E+03	0,00E+00	0,00E+00
Argila (tijolo)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cal	kg	2,84E+02	0,00E+00	2,84E+02	0,00E+00	0,00E+00						
Cerâmica Esmaltada	kg	1,09E+03	0,00E+00	1,09E+03	0,00E+00	0,00E+00						
Cimento / Fibrocimento	kg	4,64E+03	2,99E+02	3,31E+02	2,31E+03	0,00E+00	9,07E+02	0,00E+00	4,00E+01	7,48E+02	0,00E+00	0,00E+00
Cobre	kg	9,97E+00	0,00E+00	2,82E+00	7,15E+00							
Desmoldante	kg	6,59E-01	0,00E+00	0,00E+00	6,59E-01	0,00E+00						
Emulsão Asfáltica	kg	3,90E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,90E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energia elétrica	J	2,23E+09	2,23E+08									
Estanho	kg	4,46E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,46E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Ferro	kg	1,85E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,85E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Gesso	kg	1,19E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,17E+04	0,00E+00	9,25E+01	0,00E+00	0,00E+00	7,20E+01	6,12E+01
Madeira	kg	2,87E+03	5,49E+02	0,00E+00	3,40E+02	0,00E+00	1,91E+03	0,00E+00	6,25E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Mão de obra	J	9,69E+08	9,43E+07	2,90E+07	9,53E+07	2,45E+07	1,40E+08	4,95E+06	7,29E+07	3,04E+08	1,01E+08	1,03E+08
Pedra	kg	1,59E+04	7,90E+02	1,33E+03	1,38E+04	0,00E+00						
Plástico	kg	2,81E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,42E+00	0,00E+00	1,38E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8,40E-03	0,00E+00
PVC	kg	1,01E+02	0,00E+00	5,88E+01	4,19E+01							
Energia Solar	J	2,54E+08	2,54E+07									
Material Orgânico do Solo	J	1,17E+10	1,17E+10	0,00E+00								
Tinta	kg	8,74E+01	0,00E+00	8,70E+01	3,97E-01	0,00E+00						
Vidros	kg	3,79E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,79E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela B.9.2. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nas etapas de obra; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma das etapas 1 a 10 – colunas 4 à 13); Coluna 4 – Etapa 1 – Canteiro de Obra e Serviços Preliminares; Coluna 5 – Etapa 2 – Fundação; Coluna 6 – Etapa 3 – Superestrutura; Coluna 7 – Etapa 4 – Fechamentos Internos e Externos; Coluna 8 – Etapa 5 – Cobertura; Coluna 9 – Etapa 6 – Revestimento Grosso e Impermeabilização; Coluna 10 – Etapa 7 – Esquadrias; Coluna 11 – Etapa 8 – Revestimento Fino e Acabamentos; Coluna 12 – Etapa 9 – Instalações Hidráulicas; Coluna 15 – Etapa 10 – Instalações Elétricas

Etapa 1 – Instalação do Canteiro de Obras e Serviços Preliminares

A etapa 1 possui 3 serviços. O total dos recursos é a soma dos serviços 1, 2 e 3. A tabela B.9.3. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.9.3 – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 1 da casa final.

Recurso	Un.	Quantidade			
		Total dos recursos para esta etapa	Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3
Aço	kg	1,19E+01	1,00E+01	0,00E+00	1,87E+00
Água	m ³	2,16E+00	1,80E+00	1,75E-01	1,82E-01
Areia	kg	7,31E+02	7,31E+02	0,00E+00	0,00E+00
Cimento / Fibrocimento	kg	2,99E+02	2,99E+02	0,00E+00	0,00E+00
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Madeira	kg	5,49E+02	5,07E+02	0,00E+00	4,26E+01
Mão de obra	J	9,43E+07	7,87E+07	7,63E+06	7,94E+06
Pedra	kg	7,90E+02	7,90E+02	0,00E+00	0,00E+00
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Material Orgânico do Solo	J	1,17E+10	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela B.9.3. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma dos serviços 1 a 3 – colunas 4 à 6); Coluna 4 – Serviço 1; Coluna 5 – Serviço 2; Coluna 6 – Serviço 3.

Serviço 1 – etapa 1 – Abrigo provisório de madeira (TCPO – pg. 53 – item 01520.8.1.1)

Considerando 10 m² de abrigo provisório para guarda de materiais e escritório de obra.

Para um total de 10m² de abrigo provisório e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 67 horas de carpinteiro; 4 horas de pedreiro; 79,2 horas de servente; 0,6356 m³ de areia; 0,5852 m³ de pedra; 187,6 kg de cimento; 11,8 m² de chapa compensada resinada; 2 kg de prego 15x15; 8 kg de prego 18x27; 43,9m de pontalete 3”x3” de cedrinho; 21,1 m² de tábuas 1”x6” espessura 25mm; 13,7 m de viga de peroba; 11,9 m² telha de fibrocimento ondulada 4mm com largura útil de 1,15m; 2,5 unidades de cumeeira para telha de fibrocimento; 0,245 hprod betoneira 2 HP capacidade de 400l.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em emergia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de carpinteiro, pedreiro, servente = 150,2 horas.

Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = (horas somadas de carpinteiro, pedreiro e servente + horas de servente operando betoneira) x 125 kcal/h x 4186 J/kcal = 150,445 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 7,87x10⁷ J.

Areia = m³ de material x densidade = 0,6356m³ x 1,15x10³ kg/m³ = 7,31x10²kg.

Pedra = m³ de material x densidade = 0,5852m³ x 1,35x10³ kg/m³ = 7,90x10²kg.

Cimento/Fibrocimento = massa de cimento + massa de telhas de fibrocimento + massa de cumeeira = 187,6 + (11,9x7,29) + (2,5x9,7) = 2,99x10² kg.

Madeira = massa da chapa resinada + massa do pontalete + massa da tábuas + massa da viga de peroba = (espessura x área x densidade) + (comprimento do pontalete x massa por comprimento de pontalete) + (área da tábuas x massa por área da tábuas) + (comprimento de

viga x massa por comprimento de viga) = $(0,012 \times 11,8 \times 223,83) + (43,9 \times 5,67) + (21,2 \times 5,6) + (13,7 \times 7,875) = 5,07 \times 10^2$ kg.

Aço = massa de prego 15×15 + massa de prego 18×27 + massa de aço da betoneira (depreciação) = $2 + 8 + (0,016 \times 0,245) = 1,01 \times 10^1$ kg.

Água = (soma das horas trabalhadas de carpinteiro, pedreiro, servente) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $150,445 \times 0,012 = 1,80$ m³.

Serviço 2 – etapa 1 – Raspagem e limpeza manual do terreno (TCPO – pg. 64 – item 02230.8.3.1)

Considerado toda a área da edificação. Área = $7,84 \times 7,44 = 58,33$ m².

Para um total de $58,33$ m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 14,5825 horas de servente.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente = 14,5825 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186 J/kcal = $14,5825 \times 125 \times 4186 = 7,63 \times 10^6$.

Água = (soma das horas trabalhadas de servente) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $15,5825 \times 0,012 = 1,75 \times 10^{-1}$ m³.

Serviço 3 – etapa 1 – Locação da obra (gabarito) (TCPO – pg. 88 – item 02595.8.1.1)

Considerado toda a área da edificação. Área = $7,84 \times 7,44 = 58,33$ m².

Para um total de $58,33$ m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 7,5829 horas de servente; 7,5829 horas de carpinteiro; 0,69996 kg prego 18×27 ; 1,1666 kg de arame recozido; 2,3332 m pontalete 3" x 3" cedrinho; $5,2497$ m² tábua de cedrinho 1" x 9".

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de carpinteiro, servente = 15,1658 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186 J/kcal = $15,1658 \times 125 \times 4186 = 7,94 \times 10^6$ J.

Madeira = massa do pontalete + massa da tábua = (comprimento do pontalete x massa por comprimento de pontalete) + (área da tábua x massa por área da tábua) = $(2,3332 \times 5,67) + (5,2487 \times 5,6) = 4,26 \times 10^1$ kg.

Aço = massa de prego 18×27 + massa de arame recozido = $0,69996 + 1,1666 = 1,87$ kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $15,1658 \times 0,012 = 1,82 \times 10^{-1}$ m³.

Serviços pertencentes a etapa 1 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.9.3.

- Perda de material orgânico do solo = Massa do Matéria orgânica do solo escavado x Porcentagem de matéria orgânica x Conteúdo energético x 4186 J/kcal = (volume do solo x densidade do solo) x (3%) x (5 kcal/g) x (4186 J/kcal) = $(58,33 \times 0,20$ (espessura de solo a ser retirada) x 1600 kg/m^3) x (3%) x (5 kcal/g) x (4186 J/kcal) = $1,17 \times 10^{10}$ J.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = $58,33\text{m}^2 \times (1,49 \times 10^7 \text{ J/m}^2) \times 0,89 \times (120/365 \text{ dias de construção}) = 2,54 \times 10^8 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,54 \times 10^7 \text{ J}$.
- Energia elétrica = Estimando $9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2$, tem-se um consumo de = $58,33 \text{ m}^2 \times 9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2 \times 4186 \text{ J/kcal} = 2,23 \times 10^9 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,23 \times 10^8$.

Etapa 2 – Fundação

A etapa 2 possui 1 serviço. A tabela B.9.4. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.9.4. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 2 da casa final.

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos para esta etapa	Serviço 1
Aço	kg	2,35E+01	2,35E+01
Água	m ³	6,61E-01	6,61E-01
Areia	kg	1,25E+03	1,25E+03
Cimento / Fibrocimento	kg	3,31E+02	3,31E+02
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00
Mão de obra	J	2,90E+07	2,90E+07
Pedra	kg	1,33E+03	1,33E+03
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00

Tabela B.9.4. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recurso; Coluna 4 – Serviço 1;

Serviço 4 – etapa 2 – Broca de Concreto Armado, controle tipo C (TCPO – pg. 80 – item 02465.8.1.1)

Adotando-se 12 brocas com 2ml cada de profundidade

Comprimento total necessário = n° brocas x comprimento por broca

Comprimento total necessário = 12 x 2 = 24 m

Para um total de 24m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 55,0704 horas de servente; 1,0865 m³ areia; 0,2463 m³ de pedra 1; 0,7389 m³ pedra 2; 331,13 kg de cimento; 23,52 kg barras de aço; 0,3606 hprod betoneira elétrica de potência 2 HP.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em emergia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente = 55,0704 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = (horas somadas de servente + horas de servente operando betoneira) x 125 kcal/h x 4186 J/kcal = 55,431 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $2,90 \times 10^7 \text{ J}$.

Areia = m³ de material x densidade = $1,0865\text{m}^3 \times 1,15 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 = 1,25 \times 10^3 \text{ kg}$.

Pedra = m³ de material x densidade = $(0,2463+0,7389)\text{m}^3 \times 1,35 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 = 1,33 \times 10^3 \text{ kg}$.

Cimento = $3,31 \times 10^2 \text{ kg}$.

Aço = massa de barras de aço + massa de aço da betoneira (depreciação) = 23,52 + (0,016x0,3606) = 2,35x10¹kg.

Água = (soma das horas trabalhadas de servente)x(coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 55,0704x0,012 = 6,61x10⁻¹ m³.

Serviços pertencentes a etapa 2 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.9.4.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = 58,33m² x (1,49x10⁷ J/m²) x 0,89 x (120/365 dias de construção) = 2,54x10⁸ J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = 2,54x10⁷ J.

- Energia elétrica = Estimando 9,13x10³kcal/m², tem-se um consumo de = 58,33 m² x 9,13x10³ kcal/m² x 4186 J/kcal = 2,23x10⁹J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor =2,23x10⁸.

Etapa 3 – Superestrutura

A etapa 3 possui 5 serviços. O total dos recursos é a soma dos serviços 1 à 5. A tabela B.9.5. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.9.5. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 3 da casa padrão.

Recurso	Un.	Quantidade					
		Total dos recursos para esta etapa	Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4	Serviço 5
Aço	kg	2,19E+02	5,10E+00	8,47E+01	1,29E+02	4,94E-03	3,23E-04
Água	m ³	2,15E+00	3,44E-01	1,12E-01	1,55E+00	7,26E-02	7,44E-02
Areia	kg	8,43E+03	0,00E+00	0,00E+00	7,43E+03	1,01E+03	0,00E+00
Cimento / Fibrocimento	kg	2,31E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,96E+03	3,52E+02	0,00E+00
Desmoldante	kg	6,59E-01	6,59E-01				
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Madeira	kg	3,40E+02	3,28E+02	0,00E+00	1,26E+01	0,00E+00	0,00E+00
Mão de obra	J	9,53E+07	1,50E+07	4,91E+06	6,87E+07	3,33E+06	3,35E+06
Pedra	kg	1,38E+04	0,00E+00	0,00E+00	1,26E+04	1,14E+03	0,00E+00
Plástico	kg	1,42E+00	0,00E+00	1,42E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela B.9.5. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma dos serviços 1 a 5 – colunas 4 à 8); Coluna 4 – Serviço 1; Coluna 5 – Serviço 2; Coluna 6 – Serviço 3; Coluna 7 – Serviço 4; Coluna 8 – Serviço 5.

Serviço 1 – etapa 3 – Forma com chapa plastificada 12 mm (TCPO – pg. 126 – item 03110.8.2.2.)

Área de forma = n° faces x altura pilar x largura dos pilares

Adotado pé direito de 2,80m e 12 pilares de 15x20cm

Área de forma = 2 x 2,80 x 0,2 + 2 x 2,80 x 0,15 = 1,96 m²

Área total de forma = 12 x 1,96 = 23,52m²

Para um total de 23,52m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 5,73888 h de servente; 22,95552 h de oficial; 9,78432 m² de chapa compensada 12 mm; 1,57584 kg prego 17x21; 46,99296m pontalete 3"x3"; 64,60944m de sarrafo 1"x3"; 4,06896m de tábua 1"x8"; 3,93784m de tábua 1"x6"; 0,4704l de desmoldante de formas; 2,352 kg de prego 17x27; 1,176kg de prego 15x15.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 28,6944 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 28,6944 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 1,50x10⁷ J.

Madeira = massa de chapa compensada + massa de pontalete + massa de sarrafo + massa de tábua = (área de chapa x espessura x densidade) + (comprimento do pontalete x massa por m de pontalete) + (comprimento do sarrafo x massa por m de sarrafo) + ((massa da tábua 1"x8" x comprimento em m da tábua 1"x8") + (massa da tábua 1"x6" x comprimento em m da tábua 1"x6")) = (9,78432x0,012x223,83) + (46,99296x5,67) + (64,60944x0,42) + ((4,06896x1,12) + (3,93784x0,84)) = 3,28x10² kg.

Aço = massa de prego 17x21 + massa de prego 17x27 + massa de prego 15x15 = 1,57584 + 2,352 + 1,176 = 5,10kg.

Desmoldante de forma = volume x densidade = 0,4704x1,4 = 6,59x10⁻¹kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 28,6944x0,012 = 3,44x10⁻¹ m³.

Serviço 2 – etapa 3 – Armadura de aço para pilares de concreto (TCPO – pg. 120 – item 03210.8.1.10)

Adotado taxa de 75kg/m³

Vconcreto = altura dos pilares x largura x comprimento

Vconcreto = 2,80 x 0,15 x 0,20 (para um pilar) = 0,084 m³

Aço = tx aço x V concreto = 75 x 0,084 = 6,3 kg

Total de aço = n° pilares x aço para um pilar = 12 x 6,3 = 75,6 kg.

Para um total de 75,6kg e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 4,6872 h de servente; 4,6872 h de oficial; 355,32 espaçadores de plástico; 83,16 kg barras de aço 10mm; 1,512 kg arame recozido.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 9,3744 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 9,3744 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 4,91x10⁶ J.

Aço = massa barras de aço + massa de arame recozido = 83,16 + 1,512 = 8,47x10¹kg.

Plástico = massa de espaçadores x número de espaçadores = 0,004 x 355,32 = 1,42 kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 9,3744x0,012 = 1,12x10⁻¹ m³.

Serviço 3 – etapa 3 – Transporte, lançamento e acabamento de concreto (TCPO – pg. 157 – item 03310.8.13.2)

Considerado piso de concreto em toda a área da casa

Área casa = 58,33 m²

Para um total de $58,33\text{m}^2$ e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 1,1666 h de oficial armador; 14,5825 h oficial pedreiro; 113,45185 h de servente; $6,4606308\text{ m}^3$ de areia; $1,464083\text{ m}^3$ de pedra 1; $4,386416\text{m}^3$ de pedra 2; $1,7499\text{ m}^3$ de pedra 3; $1,7499\text{m}^3$ de pedra 4; 1959,888 kg de cimento; 128,326 kg de tela de aço Q138; 0,5833 kg de prego 18x27; 46,664 m de tábua em cedrinho 10mmx120mm; 2,140711 hprod de betoneira 2 HP.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas = 129,20 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = (horas somadas de servente + horas de servente operando betoneira) x 125 kcal/h x 4186 J/kcal = 131,34h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $6,87 \times 10^7$ J.

Areia = m3 de material x densidade = $6,4606308\text{m}^3 \times 1,15 \times 10^3\text{ kg/m}^3 = 7,43 \times 10^3\text{kg}$.

Pedra = m3 de material x densidade = $(1,464083+4,386416+1,7499+1,7499)\text{m}^3 \times 1,35 \times 10^3\text{ kg/m}^3 = 1,26 \times 10^4\text{kg}$.

Cimento = $1,96 \times 10^3\text{kg}$.

Aço = massa da tela de aço + massa de pregos + massa de depreciação da betoneira = 128,326 + 0,5833 + 0,034 = $1,29 \times 10^2\text{kg}$.

Madeira = $46,664 \times 0,27 = 1,26 \times 10^1\text{kg}$.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $129,20 \times 0,012 = 1,55\text{ m}^3$.

Serviço 4 – etapa 3 – Transporte, lançamento e acabamento de concreto (TCPO – pg. 157 – item 03310.8.13.2)

Vconcreto = altura dos pilares x largura x comprimento

Vconcreto = $2,80 \times 0,15 \times 0,20$ (para um pilar) = $0,084\text{ m}^3$

Volume total de concreto = n° pilares x tx concreto por pilar = $12 \times 0,084 = 1,008\text{ m}^3$.

Para um total de $58,33\text{m}^2$ e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 6,048 h de servente; $0,873936\text{m}^3$ de areia; $0,210672\text{m}^3$ de pedra 1; $0,632016$ de pedra 2; 351,792 kg de cimento; $0,308448$ hprod de betoneira elétrica 2 HP.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas = 6,048 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = (horas somadas de servente + horas de servente operando betoneira) x 125 kcal/h x 4186 J/kcal = $6,356448\text{h} \times 125\text{ kcal/h} \times 4186\text{J/kcal} = 3,33 \times 10^6$ J.

Areia = m3 de material x densidade = $1,01 \times 10^3\text{kg}$.

Pedra = m3 de material x densidade = $1,14 \times 10^3\text{kg}$.

Cimento = $3,52 \times 10^2\text{kg}$.

Aço = massa de depreciação do equipamento = $0,308448 \times 0,016 = 4,94 \times 10^{-3}\text{kg}$.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $6,48 \times 0,012 = 7,26 \times 10^{-2}\text{ m}^3$.

Serviço 5 – etapa 3 – Transporte, lançamento e acabamento de concreto (TCPO – pg. 157 – item 03310.8.13.2)

Vconcreto lançado = V concreto sub etapa 4
V concreto = 1,008 m³.

Para um total de 1,008m³ e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 1,6632 h de oficial; 4,536 h de servente; 0,2016 hprod vibrador elétrico.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas = 6,1992 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = (horas somadas de servente + horas de servente operando vibrador) x 125 kcal/h x 4186 J/kcal = 6,1992h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 3,35x10⁶ J.

Aço = massa de depreciação do equipamento = 0,2016 x 0,0016 = 3,23x10⁻⁴kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 6,1992x0,012 = 7,44x10⁻² m³.

Serviços pertencentes a etapa 3 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.9.5.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = 58,33m² x (1,49x10⁷ J/m²) x 0,89 x (120/365 dias de construção) = 2,54x10⁸ J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = 2,54x10⁷ J.

- Energia elétrica = Estimando 9,13x10³kcal/m², tem-se um consumo de = 58,33 m² x 9,13x10³ kcal/m² x 4186 J/kcal = 2,23x10⁹J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor =2,23x10⁸.

Etapa 4 – Fechamentos internos e externos

A etapa 4 possui 1 serviço. O total dos recursos é o serviço 1. A tabela B.9.6. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.9.6. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 4 da casa final.

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos para esta etapa	Serviço 1
Água	m ³	5,62E-01	5,62E-01
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00
Gesso	kg	1,17E+04	1,17E+04
Mão de obra	J	2,45E+07	2,45E+07
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00

Tabela B.9.6. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em energia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos; Coluna 4 – Serviço 1.

Serviço 1 – etapa 4 – Alvenaria de Vedação com blocos cerâmicos furados (TCPO – pg. 200 – item 04211.8.2.3.)

Medição de alvenarias altas - anexo D - (m) = 3,05 + 3,08 + 7,30 + 0,8 + 1,70 + 3,35 + 1,45 (medidas horizontais); 2,88 + 1,20 + 3,55 + 3,55 + 1,20 + 2,95 + 3,55 (medidas verticais).
Perímetro = 39,61m.

Altura da alvenaria = 2,80m. .

Perímetro da alvenaria para bancada de cozinha americana = 1,45 + 2,95 = 4,40m. Altura da bancada = 1,40m.

Total de alvenarias = 39,61 x 2,80 + 4,40 x 1,40 = 117,07 m².

Para um total de 117,07m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 29,2675 h de oficial; 17,5605 h de servente; 468,28 kg de gesso; 468,28 unidades de bloco de gesso.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 46,828 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 46,828 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 2,45x10⁷ J.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 46,828x0,012 = 5,62x10⁻¹ m³.

Gesso = massa de gesso + massa de blocos de gesso = 468,28 + (quantidade de blocos x massa unitária do bloco) = 468,28 + (468,28x24,02) = 1,17x10⁴kg

Serviços pertencentes a etapa 4 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.9.6.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = 58,33m² x (1,49x10⁷ J/m²) x 0,89 x (120/365 dias de construção) = 2,54x10⁸ J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = 2,54x10⁷ J.

- Energia elétrica = Estimando 9,13x10³kcal/m², tem-se um consumo de = 58,33 m² x 9,13x10³ kcal/m² x 4186 J/kcal = 2,23x10⁹J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = 2,23x10⁸.

Etapa 5 – Cobertura

A etapa 5 possui 5 serviços. O total dos recursos é a soma dos serviços 1 à 5. A tabela B.9.7. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.9.7. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 5 da casa final.

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos para esta etapa	Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4	Serviço 5
Aço	kg	7,73E+01	3,44E+01	0,00E+00	3,57E+00	1,99E+01	1,94E+01
Água	m ³	3,36E+00	2,48E+00	3,08E-01	2,14E-02	3,75E-01	1,79E-01
Alumínio	kg	8,28E-01	0,00E+00	8,28E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cimento / Fibrocimento	kg	7,51E+01	0,00E+00	0,00E+00	7,51E+01	0,00E+00	0,00E+00
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Estanho	kg	4,46E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,46E-01	0,00E+00
Madeira	kg	1,91E+03	1,91E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Mão de obra	J	1,47E+08	1,08E+08	1,34E+07	9,34E+05	1,64E+07	7,79E+06
Plástico	kg	2,38E-01	0,00E+00	0,00E+00	2,38E-01	0,00E+00	0,00E+00
PVC	kg	1,44E+02	0,00E+00	1,44E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela B.9.7. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma dos serviços 1 a 5 – colunas 4 à 8); Coluna 4 – Serviço 1; Coluna 5 – Serviço 2; Coluna 6 – Serviço 3; Coluna 7 – Serviço 4; Coluna 8 – Serviço 5.

Serviço 1 – etapa 5 – Estrutura de madeira para telha cerâmica (TCPO – pg. 234 – item 06110.8.3.1.)

Considerada toda a área da edificação

Área = 7,84x7,44

Área = 58,33m²

Para um total de 58,33m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 103,2441 h servente; 103,2441 h de oficial; 10,4994 kg de prego 18x27; 23,9153 kg de ferragem para telhados; 1,7499m³ de madeira tipo peroba.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em emergia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 206,4882 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 206,4882 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 1,08x10⁸ J.

Aço = massa de pregos + massa de ferragens = 3,44x10¹kg.

Madeira = volume de madeira x densidade da madeira = 1,7499 x 1093,75 = 1,91x10³kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 206,4882x0,012 = 2,48 m³.

Serviço 2 – etapa 5 – Cobertura com telha PVC (TCPO – pg. 253 – item 07320.8.7.1.)

Considerada toda a área da edificação

Área = 7,84x7,44

Área = 58,33m²

Para um total de 58,33m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 12,8326 h ajudante de telhadista; 12,8326 h telhadista; 71,7459 m² telha de PVC rígido; 82,8286 unidades de gancho de alumínio; 82,8286 unidades de arruela de PVC.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em emergia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 1,34x10⁷ J.

PVC = (massa por m² x área de telhas de PVC) + (quantidade de arruelas de PVC x massa unitária de arruelas) = (2x71,7459) + (82,8286 x 0,004) = 1,44x10²kg.

Alumínio = quantidade de peças x massa unitária = 82,8286 x 0,01 = 8,28x10⁻¹kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 3,08x10⁻¹ m³.

Serviço 3 – etapa 5 – Cumeeira articulada de fibrocimento (TCPO – pg. 254 – item 07320.8.12.4)

Divisão de águas ocorrerá no eixo de 7,44m
Perímetro = 7,44m

Para um total de 7,44m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 0,8928 h de servente; 0,8928 h de oficial; 29,76 unidades de parafusos com rosca soberba galvanizado (comprimento 110mm diâmetro de 8mm); 7,7376 unidades de cumeeira para telha; 29,76 unidades de conjunto de vedação elástica.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 1,7856 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 1,7856 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $9,34 \times 10^5$ J.

Aço = quantidade de parafusos x massa unitária do parafuso = 3,57kg.

Plástico = quantidade de conjuntos de vedação x massa unitária por conjunto de vedação = $2,38 \times 10^{-1}$ kg.

Fibrocimento/Cimento = quantidade de cumeeira de fibrocimento x massa por unidade de cumeeira de fibrocimento = $7,7376 \times 9,7 = 7,51 \times 10^1$ kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $2,14 \times 10^{-2}$ m³.

Serviço 4 – etapa 5 – Calha de chapa galvanizada 26 (TCPO – pg. 258 – item 07712.8.1.7.)

Divisão de águas ocorrerá no eixo de 7,44m
2 x Perímetro = 2 x 7,44m = 14,88m

Para um total de 14,88m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 15,624 h de servente; 15,624 h de oficial; 1,0416 kg de prego 15x15; 0,4464 kg de rebite de ferro zincado; 0,4464 kg de estanho para solda; 15,3264 m de calha de chapa galvanizada espessura 50mm, curvatura 28 cm.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 31,248 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 31,248 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $1,64 \times 10^7$ J.

Estanho = 0,4464 kg.

Aço galvanizado = massa de prego 15x15 + rebites + comprimento de calha x massa por m de calha = $15,3264 \times 1,2 + 1,49 = 1,99 \times 10^1$ kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $3,75 \times 10^{-1}$ m³.

Serviço 5 – etapa 5 – Rufo de chapa de aço galvanizado (TCPO – pg. 258 – item 07620.8.2.5.)

Divisão de águas ocorrerá no eixo de 7,44m
2 x Perímetro = 2 x 7,44m = 14,88m

Para um total de 14,88m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 7,44 h de ajudante de telhadista; 7,44 h de telhadista; 1,0416 kg de prego 15x15; 15,3264 m rufo de chapa galvanizada.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = $7,79 \times 10^6$ J.

Aço = prego + massa por m de rufo x comprimento do rufo = $1,2 \times 15,3264 + 1,04 = 1,94 \times 10^1$ kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $1,79 \times 10^{-1} \text{ m}^3$.

Serviços pertencentes a etapa 5 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.9.7.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = $58,33 \text{ m}^2 \times (1,49 \times 10^7 \text{ J/m}^2) \times 0,89 \times (120/365 \text{ dias de construção}) = 2,54 \times 10^8 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,54 \times 10^7 \text{ J}$.

- Energia elétrica = Estimando $9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2$, tem-se um consumo de = $58,33 \text{ m}^2 \times 9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2 \times 4186 \text{ J/kcal} = 2,23 \times 10^9 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,23 \times 10^8 \text{ J}$.

Etapa 6 – Revestimento Grosso e Impermeabilização

A etapa 6 possui 2 serviços. O total dos recursos é a soma dos serviços 1 à 2. A tabela B.9.8. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.9.8. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 6 da casa final.

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos para esta etapa	Serviço 1	Serviço 2
Aço	kg	2,41E-01	0,00E+00	2,41E-01
Água	m ³	1,14E-01	8,13E-02	3,23E-02
Emulsão Asfáltica	kg	3,90E+01	3,90E+01	0,00E+00
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00	0,00E+00
Gesso	kg	9,25E+01	0,00E+00	9,25E+01
Mão de obra	J	4,95E+06	3,55E+06	1,41E+06
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00	0,00E+00

Tabela B.9.8. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em energia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma dos serviços 1 a 2 – colunas 4 à 5); Coluna 4 – Serviço 1; Coluna 5 – Serviço 2.

Serviço 1 – etapa 6 – Impermeabilização de piso (TCPO – pg.238 – item 07110.8.4.1.)

Considerada impermeabilização nas áreas frias (cozinha e banheiro).

Área sanitário = $1,70 \times 2,95 = 4,02 \text{ m}^2$

Área Cozinha = $2,95 \times (1,45 + 0,80) - (1,20 \times 0,80) = 5,68 \text{ m}^2$

Área sanitário + Área Cozinha = $4,02 + 5,68 = 9,70 \text{ m}^2$

Perímetro de rodapé a ser impermeabilizada (40cm de altura) = $2,95 \times 2 + 1,45 \times 2 + 2,95 \times 2 + 1,70 \times 2 = 18,1\text{m}$

Área de rodapé = $18,1 \times 0,40 = 7,24 \text{ m}^2$

Área total = $9,7 + 7,24 = 16,94 \text{ m}^2$

Para um total de $16,94\text{m}^2$ e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 6,776 h de servente; 38,962 kg de emulsão asfáltica.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 6,776 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = $6,776 \text{ h} \times 125 \text{ kcal/h} \times 4186\text{J/kcal} = 3,55 \times 10^6 \text{ J}$.

Emulsão asfáltica = $3,90 \times 10^1 \text{ kg}$.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $8,13 \times 10^{-2} \text{ m}^3$.

Serviço 2 – etapa 6 – Forro de gesso (TCPO – pg.302 – item 09500.8.8.5. – adaptado do texto “conteúdo do serviço”)

Área sanitário = $1,70 \times 2,95 = 4,02\text{m}^2$

Para um total de $4,02\text{m}^2$ e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 2,6934 h de gesseiro; $4,221 \text{ m}^2$ de painel de gesso acartonado; 12,06 kg de massa de rejunte em gesso; 12,06 kg de gesso para chumbamento de nervuras; 0,2412 kg de arame galvanizado.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 2,6934 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = $2,6934 \text{ h} \times 125 \text{ kcal/h} \times 4186\text{J/kcal} = 1,41 \times 10^6 \text{ J}$.

Gesso = (área de gesso x massa por m^2 de gesso) + massa de rejunte em gesso + massa de gesso para chumbamento = $(4,221 \times 16,2) + 12,06 + 12,06 = 9,25 \times 10^1 \text{ kg}$.

Aço = massa de arame galvanizado = $2,41 \times 10^{-1} \text{ kg}$.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $2,6934 \times 0,012 = 3,23 \times 10^{-2} \text{ m}^3$.

Serviços pertencentes a etapa 6 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.9.8.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = $58,33\text{m}^2 \times (1,49 \times 10^7 \text{ J/m}^2) \times 0,89 \times (120/365 \text{ dias de construção}) = 2,54 \times 10^8 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,54 \times 10^7 \text{ J}$.

- Energia elétrica = Estimando $9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2$, tem-se um consumo de = $58,33 \text{ m}^2 \times 9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2 \times 4186 \text{ J/kcal} = 2,23 \times 10^9 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,23 \times 10^8 \text{ J}$.

Etapa 7 – Esquadrias

A etapa 7 possui 3 serviços. O total dos recursos é a soma dos serviços 1 à 3. A tabela B.9.9. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.9.9. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 7 da casa final.

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos para esta etapa	Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3
Água	m ³	5,80E-01	2,16E-01	1,44E-01	2,20E-01
Alumínio	kg	1,80E-01	1,08E-01	7,20E-02	0,00E+00
Areia	kg	7,04E+01	0,00E+00	0,00E+00	7,04E+01
Cimento / Fibrocimento	kg	1,22E+01	0,00E+00	0,00E+00	1,22E+01
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Mão de obra	J	2,53E+07	9,42E+06	6,28E+06	9,61E+06
Plástico	kg	2,25E-01	1,35E-01	9,00E-02	0,00E+00
PVC	kg	5,86E+01	1,50E+01	8,00E+00	3,56E+01
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Vidros	kg	3,79E+01	0,00E+00	0,00E+00	3,79E+01

Tabela B.9.9. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma dos serviços 1 a 3 – colunas 4 à 6); Coluna 4 – Serviço 1; Coluna 5 – Serviço 2; Coluna 6 – Serviço 3.

Serviço 1 – etapa 7 – Porta de PVC (TCPO – pg.265 – item 08220.8.1.1.)

Quantidade de portas de 2,10 x 0,80 = 3

Para um total de 3 portas e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 9 h de pedreiro; 9 h de servente; 36 unidades de rebites de alumínio (comprimento 21,60mm, diâmetro 1/8”, diâmetro nominal 4mm); 30 unidades de parafusos autoatarraxantes cabeça tipo panela; 0,75 l de espuma poliuretano (densidade = 20kg/m³); 3 unidade de porta de PVC de abrir.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em emergia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 9,42x10⁶ J.

Alumínio = massa unitária dos rebites x quantidade de rebites = 0,003 x 36 = 1,08x10⁻¹kg.

Plástico = volume de espuma x densidade = 0,75 x 0,02 = 1,5x10⁻²kg.

PVC = massa porta x quantidade portas = 5 x 3 = 1,50x10¹kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 2,16x10⁻¹ m³.

Serviço 2 – etapa 7 – Porta de PVC (TCPO – pg.265 – item 08220.8.1.1.)

Quantidade de portas de 2,10 x 0,70 = 2

Para um total de 3 portas e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 6 h de pedreiro; 6 h de servente; 24 unidades de rebites de alumínio (comprimento 21,60mm, diâmetro 1/8”,

diâmetro nominal 4mm); 20 unidades de parafusos autoatarraxantes cabeça tipo panela; 0,5 l de espuma poliuretano (densidade = 20kg/m³); 2 unidade de porta de PVC de abrir.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 6,28x10⁶ J.

alumínio = massa unitária dos rebites x quantidade de rebites = 0,003 x 36 = 7,20x10⁻²kg.

Plástico = volume de espuma x densidade = 0,5 x 0,02 = 1,00x10⁻²kg.

PVC = massa porta x quantidade portas = 4 x 2 = 8,00kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 1,44x10⁻¹ m³.

Serviço 3 – etapa 7 – Janelas de PVC (TCPO – pg.284 – item 08560.8.1.4.)

Quantidade de janelas de correr 1,20x1,20 = 4

Quantidade de janelas basculantes 0,60x0,60 = 1. Adotados mesmos critérios da TCPO para janelas de correr

Área de janelas = 1,20 x 1,20 x 4 + 0,60 x 0,60 x 1 = 6,12 m².

Para um total de 6,12m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 9,18h de servente; 9,18 h de pedreiro; 0,0612 m³ de areia; 12,24 kg de cimento; 6,12 m² janelas de PVC.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 9,61x10⁶ J.

Areia = m³ de material x densidade = 7,04x10¹kg.

Cimento = 1,22x10¹kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 1,20x10⁻¹ m³.

PVC e Vidro = Adotando que 1m² de janela de PVC possui 12 kg de massa total, sendo 6,19 kg/m² de vidro, conclui-se que a massa de PVC é de 5,81kg/m². Para 6,12 m² de caixilhos de PVC tem-se 3,56x10¹kg de PVC e 3,79x10¹kg de vidro.

Serviços pertencentes a etapa 7 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.9.9.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = 58,33m² x (1,49x10⁷ J/m²) x 0,89 x (120/365 dias de construção) = 2,54x10⁸ J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = 2,54x10⁷ J.

- Energia elétrica = Estimando 9,13x10³kcal/m², tem-se um consumo de = 58,33 m² x 9,13x10³ kcal/m² x 4186 J/kcal = 2,23x10⁹J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = 2,23x10⁸.

Etapa 8 – Revestimento fino e acabamentos

A etapa 8 possui 7 serviços. O total dos recursos é a soma dos serviços 1 à 7. A tabela B.9.10. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.9.10. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 8 da casa final.

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos para esta etapa	Serviço						
			Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4	Serviço 5	Serviço 6	Serviço 7
Água	m ³	6,97E+00	1,72E+00	3,82E-01	1,99E+00	8,89E-01	1,54E+00	1,88E-01	2,53E-01
Areia	kg	3,11E+03	0,00E+00	0,00E+00	2,05E+03	5,90E+01	1,01E+03	0,00E+00	0,00E+00
Cal	kg	2,84E+02	0,00E+00	0,00E+00	1,06E+02	7,66E+00	1,70E+02	0,00E+00	0,00E+00
Cerâmica Esmaltada	kg	1,09E+03	0,00E+00	0,00E+00	6,82E+02	4,55E+01	3,65E+02	0,00E+00	0,00E+00
Cimento / Fibrocimento	kg	7,48E+02	0,00E+00	0,00E+00	5,02E+02	7,66E+00	1,82E+02	3,31E+01	2,34E+01
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00						
Mão de obra	J	3,04E+08	7,51E+07	1,67E+07	8,70E+07	3,87E+07	6,73E+07	8,18E+06	1,10E+07
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00						
Tinta	kg	8,70E+01	7,77E+01	9,26E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela B.9.10. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma dos serviços 1 a 7 – colunas 4 à 10); Coluna 4 – Serviço 1; Coluna 5 – Serviço 2; Coluna 6 – Serviço 3; Coluna 7 – Serviço 4; Coluna 8 – Serviço 5; Coluna 9 – Serviços 6; Coluna 10 – Serviço 7.

Serviço 1 – etapa 8 – Pintura PVA de paredes internas e externa (TCPO – pg.292 – item 09115.8.12.1)

Área de paredes = Área de reboco = 187,38m²

Área de forro = 4,02 m²

Área total = Área de forro + Área de paredes = 4,02 + 187,38 = 191,40 m².

Para um total de 191,40m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 66,999 h ajudante de pintor; 76,56 h de pintor; 22,968l de selador a base PVA; 47,85 unidades de lixa para superfície de madeira; 32,538 l de tinta látex PVA fosco.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em emergia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 7,51x10⁷ J.

Tinta = (volume de tinta x densidade da tinta) + (volume de seladora x densidade da seladora) = (32,538x1,4) + (22,968x1,4) = 7,77x10¹kg.

Lixa = desconsiderado.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 1,72 m³.

Serviço 2 – etapa 8 – Pintura com tinta esmalte (TCPO – pg.293 – item 09115.8.9.12)

Área de batente de portas = comprimento dos batentes (calculado na etapa 7) x largura dos batentes (incluindo os recortes) = 25,07 x 0,15 = 3,76m².

Área de janelas (cálculo para 1 janela) = 6 trechos de 1,20 m com 8 cm de espessura = 6 x 1,2 x 0,08 = 0,576 m²

Área total = 3,76 + 5 x 0,576 = 6,64 m². Em função da consideração de pintura feita pela TCPO, temos que multiplicar esta área por 3.

Área pintada = 3 x 6,64 = 19,92 m²

Para um total de 19,92m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 15,936 h de ajudante de pintor; 15,936 h de pintor; 2,3904 l de zarcão; 0,5976 l de aguarrás mineral; 5,976 unidades de lixa para superfície grana 100 metálica; 3,1872 l de esmalte sintético para madeiras e metais.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 1,67x10⁷ J.

Tinta = (volume de zarcão x densidade do zarcão) + (volume de aguarrás x densidade da aguarrás) + (volume de esmalte x densidade do esmalte) = (2,3904x1,5) +(0,5976x1,5) + (3,1872x1,5) = 9,26kg.

Lixa = desconsiderado.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 3,82x10⁻¹ m³.

Serviço 3 – etapa 8 – Piso cerâmico (TCPO – pg.305 – item 09606.8.2.1.)

Considerada toda a área da edificação

Área = 7,84x7,44

Área = 58,33m²

Para um total de 58,33m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 87,495h de ladrilhista; 78,7455 h de servente; 1,779065 h de servente; 106,45225 kg de cal hidratada; 501,638 kg de cimento; 69,4127 m² de piso cerâmico esp 8mm.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 8,70x10⁷ J.

Areia = m³ de material x densidade = 2,05x10³kg.

Cal = 1,06x10²kg.

Cimento = 5,02x10²kg.

Cerâmica Esmaltada = (área de cerâmica x massa por m²) = 69,4127x9,83 = 6,82x10²kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 1,99 m³.

Serviço 4 – etapa 8 – Rodapé cerâmico (TCPO – pg.307 – item 09606.8.4.1.)

Perímetro necessário de rodapé = 3,05 + 3,08 + 3,05 + 3,08 + 3,35 + 1,45 + 0,80 + 1,45 + 0,80 + 1,70 + 3,35 + 2,95 + 1,20 + 3,62 + 3,62 + 2,95 + 3,62 + 3,62 + 1,20 + 1,10 + 3,55 = 52,59 m.

Para um total de 52,59m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 42,072 h de ladrilhista; 31,97472 h servente; 0,05132784 m³ de areia; 7,657104 kg de cal hidratada; 7,657104 kg de cimento; 57,849 m de rodapé cerâmico.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 3,87x10⁷ J.

Areia = m³ de material x densidade = 5,90x10¹kg.

Cal = 7,66 kg.

Cimento = 7,66 kg.

Cerâmica Esmaltada = (comprimento de cerâmica x largura da cerâmica x massa por m²) = 57,849x0,08x9,83 = 4,55x10¹kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 8,89x10⁻¹ m³.

Serviço 5 – etapa 8 – Azulejo (TCPO – pg.338 – item 09706.8.1.4.)

Área de azulejo no sanitário = 1,70 x 2,80 x 2 + 2,95 x 2,80 x 2 = 26,04 m²

Área de azulejo na cozinha = 2,95 x 1,40 + 1,45 x 2,80 + 1,20 x 2,80 + 0,80 x 2,80 + (2,95 - 1,20) x 2,80 + 1,45 x 1,40 = 20,72 m²

Área total de azulejo = 26,04 + 20,72 = 46,76 m².

Para um total de 46,76m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 93,52 h de azulejista; 35,07 h de servente; 0,874412 m³ de areia; 170,2064 kg cal hidratada; 11,69 kg de cimento branco; 170,2064 kg de cimento; 51,436 m² de azulejo cerâmico.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 1,01x10⁷ J.

Areia = m³ de material x densidade = 1,01x10³kg.

Cal = 1,70x10² kg.

Cimento = 1,82x10² kg.

Cerâmica Esmaltada = (área de cerâmica x massa por m²) = 51,436x7,1 = 3,65x10²kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 1,54 m³.

Serviço 6 – etapa 8 – Rejunte para piso (TCPO – pg.306 – item 09606.8.3.1.)

Área de rejunte para piso = Área do piso + Área do rodapé

Área de rejunte = 58,33 + 52,59 x 0,08 (altura do rodapé) = 62,54m²

Para um total de 62,54m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 15,635h de servente; 33,08366 kg de argamassa pré-fabricada.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 8,18x10⁶ J.

Cimento = considerando que toda a argamassa tem como material o cimento = 3,31x10¹kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 1,88x10⁻¹ m³.

Serviço 7 – etapa 8 – Rejunte para azulejo (TCPO – pg.341 – item 09706.8.5.2)

Área de rejunte = Área de azulejo = 46,76m².

Para um total de 46,76m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 11,69 h de azulejista; 9,352 h de servente; 23,38 kg de argamassa pré-fabricada.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em emergia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $1,10 \times 10^7$ J.

Cimento = considerando que toda a argamassa tem como material o cimento = $2,34 \times 10^4$ kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $2,53 \times 10^{-1} \text{ m}^3$.

Serviços pertencentes a etapa 8 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.9.10.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = $58,33 \text{ m}^2 \times (1,49 \times 10^7 \text{ J/m}^2) \times 0,89 \times (120/365 \text{ dias de construção}) = 2,54 \times 10^8 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,54 \times 10^7 \text{ J}$.

- Energia elétrica = Estimando $9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2$, tem-se um consumo de = $58,33 \text{ m}^2 \times 9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2 \times 4186 \text{ J/kcal} = 2,23 \times 10^9 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,23 \times 10^8 \text{ J}$.

Etapa 9 – Instalações Hidráulicas

A etapa 9 possui 8 serviços. O total dos recursos é a soma dos serviços 1 à 8. A tabela B.9.11. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.9.11. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 9 da casa final.

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos para esta etapa	Serviço							
			Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4	Serviço 5	Serviço 6	Serviço 7	Serviço 8
Água	m ³	2,32E+00	5,24E-01	5,09E-01	3,16E-01	3,20E-01	1,86E-01	2,04E-01	1,26E-01	1,37E-01
Cobre	kg	2,82E+00	0,00E+00	2,82E+00						
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00							
Gesso	kg	7,20E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,24E+01	3,96E+01	0,00E+00
Mão de obra	J	1,01E+08	2,28E+07	2,22E+07	1,38E+07	1,40E+07	8,10E+06	8,90E+06	5,47E+06	5,97E+06
Plástico	kg	8,40E-03	0,00E+00	8,40E-03						
PVC	kg	5,88E+01	2,22E+01	2,26E+01	1,40E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00							
Tinta	kg	3,97E-01	8,06E-02	1,95E-01	1,21E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela B.9.11. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma dos serviços 1 a 7 – colunas 4 à 10); Coluna 4 – Serviço 1; Coluna 5 – Serviço 2; Coluna 6 – Serviço 3; Coluna 7 – Serviço 4; Coluna 8 – Serviço 5; Coluna 9 – Serviços 6; Coluna 10 – Serviço 7; Coluna 11 – Serviço 8.

Serviço 1 – etapa 9 – Água Fria (TCPO – pg.408 – item 15142.8.22.3).

Estimativa de comprimento necessário

Banheiro = 13m

Cozinha = 9,2m

Área de serviço = 7m

Área externa e chegada até a caixa d'água = 19,28m

Total = Banheiro + cozinha + área de serviço + área externa e cx água = 48,48m.

Para um total de 46,76m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 21,816 h de ajudante de encanador; 21,816 h de encanador; 0,02424 l de solução limpadora de PVC; 72,72 m de tubo soldável para PVC; 0,047 kg adesivo para tubo de PVC.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 2,28x10⁷ J.

Tinta = considerando que solução limpadora e adesivos para PVC são considerados tinta = adesivo para tubo de PVC + (volume de solução limpadora x 1,39kg por litro) = 8,06x10⁻²kg.

PVC = comprimento da tubulação x massa por m de tubulação = 72,72 x 0,305 = 2,22x10¹kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 5,24x10⁻¹ m³.

Serviço 2 – etapa 9 – Tubulação de Esgoto (TCPO – pg.440 – item 15152.8.22.4) - Coeficientes da TCPO foram multiplicados pelos fatores que se seguem para considerar que já possuem as conexões (assim como na tubulação Marrom): Ajudante e encanador = 2,11; Tubulação de PVC = 1,29; Pasta lubrificante de PVC = 1,31.)

Estimativa de comprimento necessário

Banheiro = 3,5m

Cozinha = 4m

Área de serviço = 4m

Área externa = 7,84m

Total = Banheiro + cozinha + área de serviço + área externa = 19,34 m.

Para um total de 19,34m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 21,219848 h de ajudante de encanador; 21,219848 h de encanador; 6,3822 unidades de anel de borracha para esgoto; 0,19508258 kg de pasta lubrificante de PVC; 25,198086 m de tubo PVC branco para esgoto.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 2,22x10⁷ J.

Tinta = considerando pastas lubrificantes são considerados tinta = 1,95x10⁻¹kg

PVC = (comprimento da tubulação x massa por m de tubulação) + (unidades de anel de borracha x massa por unidade) = (25,198086x0,89) + (6,3822x0,03) = 2,26x10¹kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 5,09x10⁻¹ m³.

Serviço 3 – etapa 9 – Tubulações de Águas Pluviais (Adotando mesmos coeficientes do serviço 2 etapa 9)

Considerando 4 descidas (1 por canto da casa), temos 4 descidas de 3m = 12m.

Para um total de 12m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 13,1664 h de ajudante de encanador; 13,1664 h de encanador; 3,96 anéis de borracha para tubo de PVC; 0,121044 kg de pasta lubrificante para tubo de PVC; 15,6348 m tubo de PVC branco.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $1,38 \times 10^7$ J.

Tinta = considerando pastas lubrificantes são considerados tinta = $1,21 \times 10^{-1}$ kg

PVC = (comprimento da tubulação x massa por m de tubulação) + (unidades de anel de borracha x massa por unidade) = $1,40 \times 10^1$ kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $3,16 \times 10^{-1}$ m³.

Serviço 4 – etapa 9 – Rasgos em alvenaria para passagem de tubulação de Água Fria (TCPO – pg. 187 – item 04050.8.1.2.)

Considerado que comprimento das tubulações é igual ao comprimento necessário para rasgos e fechamentos.

Comprimento tubulação de água fria = 48,48m = comprimento do rasgo.

Para um total de 48,48m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 7,272 h de pedreiro; 19,392 h de servente.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $1,40 \times 10^7$ J.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $3,20 \times 10^{-1}$ m³.

Serviço 5 – etapa 9 – Rasgos em alvenaria para passagem de tubulação de Esgoto (TCPO – pg. 187 – item 04050.8.1.2.)

Considerado que comprimento das tubulações é igual ao comprimento necessário para rasgos e fechamentos.

Comprimento de rasgos/fechamentos = Comprimento sistema de tubulação de esgoto = 19,34m

Para um total de 19,34m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 3,868 h de pedreiro; 11,604 h de servente.

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $8,10 \times 10^6$ J.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $1,86 \times 10^{-1}$ m³

Serviço 6 – etapa 9 – Fechamento de rasgos em Alvenarias para passagem de tubulação – Água Fria (TCPO – pg.188 – item 04050.8.2.2.)

Considerado que comprimento das tubulações é igual ao comprimento necessário para rasgos e fechamentos.

Comprimento tubulação de água fria = 48,48m = comprimento do rasgo

Para um total de 48,48m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 9,696 h de pedreiro; 7,310784 h de servente; 2,9088 kg de cimento; 0,02070096 m³ de areia; 3,088176 kg de cal.

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 8,90x10⁶ J.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 2,04x10⁻¹ m³.

Gesso = Considerando que a massa para a subetapa 6 de cimento, areia e cal, segundo planilha da casa padrão é respectivamente de: cimento = 2,91Kg; cal = 3,09 kg; areia =23,80kg. Utilizando a densidade para os materiais de: areia úmida = 1700kg/m³; cal hidratada = 1600kg/m³; cimento em sacos = 1200kg/m³ temos um volume para os materiais de: cimento = 2,425x10⁻³ m³; cal = 1,93 x10⁻³ m³; areia = 0,014m³. Somando-se os volumes temos: 0,018 m³. Adotando-se uma densidade de 1800kg/m³, temos em gesso 3,24x10¹kg.

Serviço 7 – etapa 9 – Fechamento de rasgos em Alvenarias para passagem de tubulação – Esgoto (TCPO – pg.188 – item 04050.8.2.2.)

Considerado que comprimento das tubulações é igual ao comprimento necessário para rasgos e fechamentos.

Comprimento de rasgos/fechamentos = Comprimento sistema de tubulação de esgoto = 19,34m

Para um total de 19,34m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 6,3822 h de pedreiro; 4,076872 h de servente; 3,4812 kg de cimento; 0,02477454 m³ de areia; 3,655874 kg de cal.

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 5,47x10⁶ J.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 1,26x10⁻¹ m³.

Gesso = Considerando que a massa para a subetapa 7 de cimento, areia e cal, segundo planilha da casa padrão é respectivamente de: cimento = 3,48Kg; cal = 3,70 kg; areia =28,50kg. Utilizando a densidade para os materiais de: areia umida = 1700kg/m³; cal hidratada = 1600kg/m³; cimento em sacos = 1200kg/m³ temos um volume para os materiais de: cimento = 2,9E-3m³; cal = 2,31E-3m³; areia = 0,017m³. Somando-se os volumes temos: 0,022 m³. Adotando-se uma densidade de 1800kg/m³, temos em gesso 3,96x10¹kg.

Serviço 8 – etapa 9 – Registro de gaveta com canopla (TCPO – pg.378 – item 15110.8.1.13.)

Considerando 6 registros, sendo 3 no banheiro, 1 na cozinha, 1 na área de serviço e 1 externo.

Para um total de 6 registros e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 5,7 h de ajudante de encanador; 6 registros de pressão com canopla; 8,4 m fita de vedação para tubos e conexões 18mm.

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 5,97x10⁶ J.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 1,37x10⁻¹ m³.

Cobre = (quantidade de registros x massa por registro) = 6 x 0,47 = 2,82 kg.

Plástico = comprimento de fita de vedação x massa por m de fita = $8,4 \times 0,001 = 8,4 \times 10^{-3}$ kg.

Serviços pertencentes a etapa 9 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.9.11.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = $58,33 \text{ m}^2 \times (1,49 \times 10^7 \text{ J/m}^2) \times 0,89 \times (120/365 \text{ dias de construção}) = 2,54 \times 10^8 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,54 \times 10^7 \text{ J}$.

- Energia elétrica = Estimando $9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2$, tem-se um consumo de = $58,33 \text{ m}^2 \times 9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2 \times 4186 \text{ J/kcal} = 2,23 \times 10^9 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,23 \times 10^8 \text{ J}$.

Etapa 10 – Instalações Elétricas

A etapa 10 possui 4 serviços. O total dos recursos é a soma dos serviços 1 à 4. A tabela B.9.12. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.9.12. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 10 da casa final.

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos para esta etapa	Serviço			
			Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4
Água	m ³	2,37E+00	6,57E-01	7,23E-01	6,02E-01	3,84E-01
Cobre	kg	7,15E+00	0,00E+00	7,15E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Gesso	kg	6,12E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,12E+01
Mão de obra	J	1,03E+08	2,87E+07	3,15E+07	2,63E+07	1,68E+07
PVC	kg	4,19E+01	4,02E+01	1,79E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela B.9.12. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma dos serviços 1 a 4 – colunas 4 à 7); Coluna 4 – Serviço 1; Coluna 5 – Serviço 2; Coluna 6 – Serviço 3; Coluna 7 – Serviço 4.

Serviço 1 – etapa 10 – Eletroduto de PVC rígido rosqueável (TCPO – pg.479 – item 16132.8.2.3.)

Considerando que todos os circuitos passam por dentro de 1 único eletroduto.

Considerando que há eletrodutos em todas as paredes internas da casa e da área de serviço = $3,05 + 3,08 + 3,05 + 3,08 + 3,35 + 1,45 + 0,80 + 1,70 + 0,80 + 1,70 + 3,35 + 1,45 + 2,95 + 1,20 + 3,55 \times 4 + 2,95 \times 2 + 2,95 + 1,20 = 55,26 \text{ m}$.

Considerando que em todos os comodos haverá uma subida e uma descida em eletroduto = quantidade (subida e descida) x metros de altura x quantidade de ambientes = $2 \times 3 \times 6 = 36 \text{ m}$.

Total em m de eletroduto - Perímetro dos ambientes + Subida dos comodos = $55,26 + 36 = 91,26 \text{ m}$.

Para um total de 91,26m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 27,378 h de ajudante de eletricitista; 27,378 h de eletricitista; 100,386 m de eletroduto de PVC rígido rosqueável de 1".

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x $4186 \text{ J/kcal} = \text{horas trabalhadas} \times 125 \text{ kcal/h} \times 4186 \text{ J/kcal} = 2,87 \times 10^7 \text{ J}$.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $6,57 \times 10^{-1} \text{ m}^3$.

PVC = (comprimento da tubulação x massa por m de tubulação) = $(100,386 \times 0,4) = 4,02 \times 10^1 \text{ kg}$.

Serviço 2 – etapa 10 – Cabo isolado em PVC flexível (TCPO – pg.472 – item 16120.8.1.38)

Considerando que em todos os eletrodutos são passados 3 cabinhos de $2,5 \text{ mm}^2$.

Comprimento de cabinhos = 3 x comprimento de eletrodutos = $3 \times 91,26 = 273,78 \text{ m}$

Para um total de 273,78m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 30,1158 h de ajudante de electricista; 30,1158h de electricista; 279,2556 m de cabo flexível em PVC baixa tensão.

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x $4186 \text{ J/kcal} = \text{horas trabalhadas} \times 125 \text{ kcal/h} \times 4186 \text{ J/kcal} = 3,15 \times 10^7 \text{ J}$.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $7,23 \times 10^{-1} \text{ m}^3$.

PVC e Cobre = Considerando que 1 rolo de 100m de cabinho $2,5 \text{ mm}^2$ possui 3,2kg. Isto é, 1m cabinho possui 0,032g. Considerando que 80% é cobre e 20% PVC. Cobre = $279,2556 \times 0,80 \times 0,032 = 7,15 \text{ kg}$. PVC = $279,2556 \times 0,20 \times 0,032 = 1,79 \text{ kg}$.

Serviço 3 – etapa 10 – Rasgos em alvenaria para passagem de tubulação de elétrica (TCPO – pg.187 – item 04050.8.1.2.)

Perímetro de rasgos/fechamentos em alvenaria = comprimento dos eletrodutos = 91,26m.

Para um total de 91,26m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 13,689 h de pedreiro; 36,504 h de servente

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x $4186 \text{ J/kcal} = \text{horas trabalhadas} \times 125 \text{ kcal/h} \times 4186 \text{ J/kcal} = 2,63 \times 10^7 \text{ J}$.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $6,02 \times 10^{-1} \text{ m}^3$.

Serviço 4 – etapa 10 – Fechamento de rasgos em alvenaria para passagem de tubulação de elétrica (TCPO – pg.188 – item 04050.8.2.2.)

Perímetro de rasgos/fechamentos em alvenaria = comprimento dos eletrodutos = 91,26m.

Para um total de 91,26m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, tem-se: 18,252 h de pedreiro; 13,762008 h de servente; 5,4756 kg de cimento; $0,03896802 \text{ m}^3$ de areia; 5,813262 kg de cal.

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x $4186 \text{ J/kcal} = \text{horas trabalhadas} \times 125 \text{ kcal/h} \times 4186 \text{ J/kcal} = 1,68 \times 10^7 \text{ J}$.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $3,84 \times 10^{-1} \text{ m}^3$.

Gesso = Considerando que a massa para a subetapa 4 de cimento, areia e cal, segundo planilha da casa padrão é respectivamente de: cimento = 5,48Kg; cal = 5,81 kg; areia = 44,80kg. Utilizando a densidade para os materiais de: areia úmida = 1700 kg/m^3 ; cal hidratada = 1600 kg/m^3 ; cimento em sacos = 1200 kg/m^3 temos um volume para os materiais de: cimento =

4,57E-3 m³; cal = 3,63E-3 m³; areia = 0,026m³. Somando-se os volumes temos: 0,034 m³. Adotando-se uma densidade de 1800kg/m³, temos em gesso 6,12x10¹kg.

Serviços pertencentes a etapa 10 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.9.12.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = 58,33m² x (1,49x10⁷ J/m²) x 0,89 x (120/365 dias de construção) = 2,54x10⁸ J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = 2,54x10⁷ J.

- Energia elétrica = Estimando 9,13x10³kcal/m², tem-se um consumo de = 58,33 m² x 9,13x10³ kcal/m² x 4186 J/kcal = 2,23x10⁹J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor =2,23x10⁸.

Anexo B.10. – Cálculo em energia da casa padrão com mão de obra (MO) de produtividade máxima.

Tabela B.10.1. – Quantidade total do levantamento das 10 etapas da casa padrão com MO de produtividade máxima, ordenado em ordem alfabética do recurso, na unidade correspondente do levantamento e sua transformação para energia.

Recurso	Unidade do levantamento (un.)	Quantidade total dos recursos (un.)	Unidade da Energia por unidade (sej/un.)	Energia por Unidade / Transformidade (sej/un.)	Energia (sej)	Ref.
Aço	kg	6,42E+02	sej/kg	6,97E+12	4,47E+15	1
Água	m ³	2,44E+01	sej/m ³	7,75E+11	1,89E+13	7
Alumínio	kg	0,00E+00	sej/kg	2,13E+13	0,00E+00	1
Areia	kg	2,71E+04	sej/kg	1,68E+12	4,55E+16	4
Argila (tijolo / telhas)	kg	9,03E+03	sej/kg	4,80E+12	4,33E+16	1
Cal	kg	5,85E+02	sej/kg	1,68E+12	9,82E+14	4
Cerâmica Esmaltada	kg	1,09E+03	sej/kg	5,14E+12	5,62E+15	11
Cimento / Fibrocimento	kg	8,43E+03	sej/kg	3,04E+12	2,56E+16	2
Cobre	kg	9,97E+00	sej/kg	1,04E+14	1,04E+15	6
Desmoldante	kg	2,88E+00	sej/kg	2,55E+13	7,33E+13	1
Emulsão Asfáltica	kg	3,90E+01	sej/kg	2,55E+13	9,94E+14	1
Energia elétrica	J	2,23E+09	sej/J	2,69E+05	6,00E+14	7
Estanho	kg	4,46E-01	sej/kg	6,97E+12	3,11E+12	1
Ferro	kg	1,85E+01	sej/kg	6,97E+12	1,29E+14	1
Gesso	kg	9,25E+01	sej/kg	3,29E+12	3,04E+14	8
Madeira	kg	2,91E+03	sej/kg	8,79E+11	2,56E+15	7
Mão de obra	J	1,06E+09	sej/J	1,24E+07	1,32E+16	3
Pedra	kg	1,95E+04	sej/kg	1,68E+12	3,27E+16	4
Plástico	kg	1,07E+01	sej/kg	5,75E+12	6,14E+13	7
PVC	kg	1,01E+02	sej/kg	9,86E+12	9,94E+14	1
Energia Solar	J	2,54E+08	sej/J	1,00E+00	2,54E+08	10
Material Orgânico do	J	1,49E+10	sej/J	1,24E+06	1,85E+16	9

Solo						
Tinta	kg	8,74E+01	sej/kg	2,55E+13	2,23E+15	1
Vidros	kg	3,79E+01	sej/kg	1,41E+12	5,34E+13	5
Total				1,99E+17		

Tabela B.10.1. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nas etapas de obra; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recurso; Coluna 4 – Unidade de emergia por unidade para conversão das quantidades encontradas em Emergia; Coluna 5 – Valor da Emergia por unidade; Coluna 6 – Valor em emergia do recurso. Trata-se do produto da coluna 3 com a coluna 5; Coluna 7 – Fonte da transformidade ou emergia por unidade utilizada para conversão (vide anexo A).

A coluna 3 da tabela B.10.1. é formada pela soma das etapas 1 a 10, conforme demonstrado na tabela B.10.2.

Tabela B.10.2 – Quantidade de recursos por etapa da obra da casa padrão com MO de produtividade máxima.

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5	Etapa 6	Etapa 7	Etapa 8	Etapa 9	Etapa 10
Aço	kg	6,42E+02	1,19E+01	3,30E+02	2,19E+02	0,00E+00	7,49E+01	2,41E-01	6,57E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Água	m3	2,44E+01	2,16E+00	2,21E+00	1,43E+00	2,42E+00	2,41E+00	3,60E+00	1,67E+00	3,99E+00	2,10E+00	2,37E+00
Alumínio	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Areia	kg	2,71E+04	7,31E+02	4,41E+03	8,43E+03	2,22E+03	0,00E+00	7,91E+03	1,63E+02	3,11E+03	5,23E+01	4,48E+01
Argila (tijolo / telhas)	kg	9,03E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,03E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cal	kg	5,85E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,88E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,84E+02	6,78E+00	5,81E+00
Cerâmica Esmaltada	kg	1,09E+03	0,00E+00	1,09E+03	0,00E+00	0,00E+00						
Cimento / Fibrocimento	kg	8,43E+03	2,99E+02	1,44E+03	2,31E+03	2,88E+02	9,07E+02	2,39E+03	4,00E+01	7,48E+02	6,39E+00	5,48E+00
Cobre	kg	9,97E+00	0,00E+00	2,82E+00	7,15E+00							
Desmoldante	kg	2,88E+00	0,00E+00	2,22E+00	6,59E-01	0,00E+00						
Emulsão Asfáltica	kg	3,90E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,90E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energia elétrica	J	2,23E+09	2,23E+08									
Estanho	kg	4,46E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,46E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Ferro	kg	1,85E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,85E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Gesso	kg	9,25E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,25E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Madeira	kg	2,91E+03	5,49E+02	4,67E+01	3,40E+02	0,00E+00	1,91E+03	0,00E+00	6,25E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Mão de obra	J	1,06E+09	9,43E+07	9,76E+07	6,36E+07	1,06E+08	1,05E+08	1,57E+08	7,29E+07	1,74E+08	9,15E+07	1,03E+08
Pedra	kg	1,95E+04	7,90E+02	4,91E+03	1,38E+04	0,00E+00						
Plástico	kg	1,07E+01	0,00E+00	7,87E+00	1,42E+00	0,00E+00	1,38E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8,40E-03	0,00E+00
PVC	kg	1,01E+02	0,00E+00	5,88E+01	4,19E+01							
Energia Solar	J	2,54E+08	2,54E+07									
Material Orgânico do Solo	J	1,49E+10	1,17E+10	3,18E+09	0,00E+00							
Tinta	kg	8,74E+01	0,00E+00	8,70E+01	3,97E-01	0,00E+00						
Vidros	kg	3,79E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,79E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela B.10.2. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nas etapas de obra; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma das etapas 1 a 10 – colunas 4 à 13); Coluna 4 – Etapa 1 – Canteiro de Obra e Serviços Preliminares; Coluna 5 – Etapa 2 – Fundação; Coluna 6 – Etapa 3 – Superestrutura; Coluna 7 – Etapa 4 – Fechamentos Internos e Externos; Coluna 8 – Etapa 5 – Cobertura; Coluna 9 – Etapa 6 – Revestimento Grosso e Impermeabilização; Coluna 10 – Etapa 7 – Esquadrias; Coluna 11 – Etapa 8 – Revestimento Fino e Acabamentos; Coluna 12 – Etapa 9 – Instalações Hidráulicas; Coluna 15 – Etapa 10 – Instalações Elétricas.

Etapa 1 – Instalação do Canteiro de Obras e Serviços Preliminares

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 2 – Fundação

A etapa 2 possui 8 serviços. O total dos recursos é a soma dos serviços 1 à 8. A tabela B.10.3. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.10.3. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 2 da casa padrão com MO de produtividade máxima.

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos para esta etapa	Serviço							
			Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4	Serviço 5	Serviço 6	Serviço 7	Serviço 8
Aço	kg	3,30E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,35E+01	4,28E+00	3,02E+02	1,55E-02	1,01E-03
Água	m ³	2,21E+00	2,43E-01	1,71E-02	2,85E-01	6,61E-01	3,18E-01	4,24E-01	1,49E-01	1,16E-01
Areia	kg	4,41E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,25E+03	0,00E+00	0,00E+00	3,16E+03	0,00E+00
Cimento / Fibrocimento	kg	1,44E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,31E+02	0,00E+00	0,00E+00	1,11E+03	0,00E+00
Desmoldante	kg	2,22E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,22E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00							
Madeira	kg	4,67E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,67E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Mão de obra	J	9,76E+07	1,06E+07	7,46E+05	1,24E+07	2,90E+07	1,39E+07	1,85E+07	7,03E+06	5,38E+06
Pedra	kg	4,91E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,33E+03	0,00E+00	0,00E+00	3,58E+03	0,00E+00
Plástico	kg	7,87E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,87E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00							
Material Orgânico do Solo	J	3,18E+09	0,00E+00							

Tabela B.10.3. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma dos serviços 1 a 8 – colunas 4 à 11); Coluna 4 – Serviço 1; Coluna 5 – Serviço 2; Coluna 6 – Serviço 3; Coluna 7 – Serviço 4; Coluna 8 – Serviço 5; Coluna 9 – Serviços 6; Coluna 10 – Serviço 7; Coluna 11 – Serviço 8.

Serviço 1 – etapa 2 – Escavação manual de vala (TCPO – pg. 66 – item 02315.8.2.1)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviço 2 – etapa 2 – Reaterro Manual de vala (TCPO – pg. 68 – item 02315.8.7.2)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviço 3 – etapa 2 – Apiloamento de fundo de vala (TCPO – pg. 68 – item 02315.8.8.2)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviço 4 – etapa 2 – Broca de Concreto Armado, controle tipo C (TCPO – pg. 80 – item 02465.8.1.1)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviço 5 – etapa 2 – Forma de madeira para fundação (TCPO – pg. 120 – item 03110.8.1.8)

Área de forma = perímetro de vigas de concreto x altura das vigas de concreto

Área de forma = $39,61 \times 0,4 = 15,84 \text{ m}^2$.

Para um total de $15,84 \text{ m}^2$ e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, adequados pela pg.180, tem-se: 5,2959456 horas de servente; 21,218472 horas de oficial; 0,9504 kg prego 17x21; 19,78416m sarrafo 1"x3"; 6,85872m² tábua 1"x12"; 1,584l de desmoldantes de forma; 1,7424kg de barras de aço; 1,584kg prego 17x27.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 26,5144176 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = $26,5144176 \text{ h} \times 125 \text{ kcal/h} \times 4186 \text{ J/kcal} = 1,39 \times 10^7 \text{ J}$.

Aço = massa de prego 17x27 + massa de prego 17x21 + massa de barras de aço = $0,9504 + 1,584 + 1,7424 = 4,28 \text{ kg}$.

Madeira = massa de sarrafo + massa de tábua = (comprimento do sarrafo x massa por comprimento de sarrafo) + (área da tábua x massa por área da tábua) = $(19,78416 \times 0,42) + (6,85872 \times 5,6) = 4,67 \times 10^1 \text{ kg}$.

Desmoldante de forma = volume x densidade = $1,584 \times 1,4 = 2,22 \text{ kg}$.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $26,5144176 \times 0,012 = 3,18 \times 10^{-1} \text{ m}^3$.

Serviço 6 – etapa 2 – Armadura de aço para concreto de vigas baldrame (TCPO – pg.150 – item 03210.8.1.11)

Adotado taxa de 85 kg/m^3

Vconcreto = $3,17 \text{ m}^3$

Aço = Vconcreto x taxa de aço = $3,17 \times 85 = 269,45 \text{ kg}$

Para um total de 269,45kg e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, adequados pela pg. 176, tem-se: 17,6664 horas de serventes; 17,6664 horas de oficial; 1966,985 unidades de espaçador circular de plástico; 296,395kg de barras de aço 10mm; 5,389 kg de arame recozido.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 35,333 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = $35,333 \text{ h} \times 125 \text{ kcal/h} \times 4186 \text{ J/kcal} = 1,85 \times 10^7 \text{ J}$.

Aço = massa de arame recozido + massa de barras de aço = $5,389 + 296,395 = 3,02 \times 10^2 \text{ kg}$.

Plástico = quantidade de espaçadores x massa unitária do espaçador = $1966,985 \times 0,004 = 7,87 \text{ kg}$.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $35,333 \times 0,012 = 4,24 \times 10^{-1} \text{ m}^3$.

Serviço 7 – etapa 2 – Concreto para vigas baldrames (TCPO – pg.152 – item 03310.8.1.21)

$$V_{\text{concreto}} = 3,17\text{m}^3$$

Para um total de $3,17\text{m}^3$ e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, adequados pela página 183 tem-se: 12,4581 horas de serventes; $2,7484\text{ m}^3$ de areia; $0,66253\text{m}^3$ de pedra 1; $1,98759\text{m}^3$ de pedra 2; 1106,33 kg de cimento; 0,97002hprod de betoneira elétrica 2HP.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente = 12,4581 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = (horas somadas de servente + horas de servente operando betoneira) x 125 kcal/h x 4186 J/kcal = 12,4581 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $7,03 \times 10^6$ J.

Areia = m^3 de material x densidade = $2,74839\text{m}^3 \times 1,15 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 = 3,16 \times 10^3 \text{ kg}$.

Pedra = m^3 de material x densidade = $(0,66253+1,98759)\text{m}^3 \times 1,35 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 = 3,58 \times 10^3 \text{ kg}$.

Cimento = $1,11 \times 10^3 \text{ kg}$.

Aço = massa de aço da betoneira (depreciação) = $0,016 \times 0,97002 = 1,55 \times 10^{-2} \text{ kg}$.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $12,4581 \times 0,012 = 1,49 \times 10^{-1} \text{ m}^3$.

Serviço 8 – etapa 2 – Transporte, lançamento e acabamento de concreto (TCPO – pg. 157 – item 03310.8.13.2)

$$V_{\text{concreto}} = 3,17\text{m}^3$$

Para um total de $3,17\text{m}^3$ e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, adequado pela página 183, tem-se: 3,4260 horas de oficial; 6,2291 horas de servente; 0,634 hprod de vibrador elétrico.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 9,655 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = (horas somadas de servente + horas de servente operando vibrador) x 125 kcal/h x 4186 J/kcal = 9,655 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $5,38 \times 10^6$ J.

Aço = massa de aço do vibrador (depreciação) = $0,0016 \times 0,634 = 1,01 \times 10^{-3} \text{ kg}$.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $9,655 \times 0,012 = 1,16 \times 10^{-1} \text{ m}^3$.

Serviços pertencentes a etapa 2 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.10.3.

- Perda de material orgânico do solo = Massa do Matéria orgânica do solo escavado x Porcentagem de matéria orgânica x Conteúdo energético x 4186 J/kcal = (volume do solo retirado x densidade do solo) x (3%) x (5 kcal/kg) x (4186 J/kcal) = $(3,17 \times 1600\text{kg/m}^3) \times (3\%) \times (5\text{kcal/kg}) \times (4186 \text{ J/kcal}) = 3,19 \times 10^9 \text{ J}$.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = $58,33\text{m}^2 \times (1,49 \times 10^7 \text{ J/m}^2) \times 0,89 \times (120/365 \text{ dias de construção}) = 2,54 \times 10^8 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,54 \times 10^7 \text{ J}$.

- Energia elétrica = Estimando $9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2$, tem-se um consumo de $= 58,33 \text{ m}^2 \times 9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2 \times 4186 \text{ J/kcal} = 2,23 \times 10^9 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor $= 2,23 \times 10^8$.

Etapa 3 – Superestrutura

A etapa 3 possui 5 serviços. O total dos recursos é a soma dos serviços 1 à 5. A tabela B.10.4. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.10.4. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 3 da casa padrão com produtividade de MO máxima.

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos para esta etapa	Serviço				
			Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4	Serviço 5
Aço	kg	2,19E+02	5,10E+00	8,47E+01	1,29E+02	4,94E-03	3,23E-04
Água	m ³	1,43E+00	2,51E-01	6,29E-02	1,02E+00	4,75E-02	4,87E-02
Areia	kg	8,43E+03	0,00E+00	0,00E+00	7,43E+03	1,01E+03	0,00E+00
Cimento / Fibrocimento	kg	2,31E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,96E+03	3,52E+02	0,00E+00
Desmoldante	kg	6,59E-01	6,59E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Madeira	kg	3,40E+02	3,28E+02	0,00E+00	1,26E+01	0,00E+00	0,00E+00
Mão de obra	J	6,36E+07	1,10E+07	2,74E+06	4,54E+07	2,23E+06	2,23E+06
Pedra	kg	1,38E+04	0,00E+00	0,00E+00	1,26E+04	1,14E+03	0,00E+00
Plástico	kg	1,42E+00	0,00E+00	1,42E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela B.10.4. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma dos serviços 1 a 5 – colunas 4 à 8); Coluna 4 – Serviço 1; Coluna 5 – Serviço 2; Coluna 6 – Serviço 3; Coluna 7 – Serviço 4; Coluna 8 – Serviço 5.

Serviço 1 – etapa 3 – Forma com chapa plastificada 12 mm (TCPO – pg. 126 – item 03110.8.2.2.)

Área de forma = n° faces x altura pilar x largura dos pilares

Adotado pé direito de 2,80m e 12 pilares de 15x20cm

Área de forma = $2 \times 2,80 \times 0,2 + 2 \times 2,80 \times 0,15 = 1,96 \text{ m}^2$

Área total de forma = $12 \times 1,96 = 23,52 \text{ m}^2$

Para um total de $23,52 \text{ m}^2$ e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, adequados pela página 180, tem-se: 4,189 h de servente; 16,758 h de oficial; $9,78432 \text{ m}^2$ de chapa compensada 12 mm; 1,57584 kg prego 17x21; 46,99296m pontalete 3"x3"; 64,60944m de sarrafo 1"x3"; 4,06896m de tábua 1"x8"; 3,93784m de tábua 1"x6"; 0,4704l de desmoldante de formas; 2,352 kg de prego 17x27; 1,176kg de prego 15x15.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em emergia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 20,947 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = $28,6944 \text{ h} \times 125 \text{ kcal/h} \times 4186 \text{ J/kcal} = 1,50 \times 10^7 \text{ J}$.

Madeira = massa de chapa compensada + massa de pontalete + massa de sarrafo + massa de tábua = (área de chapa x espessura x densidade) + (comprimento do pontalete x massa por m de pontalete) + (comprimento do sarrafo x massa por m de sarrafo) + ((massa da tábua 1"x8" x comprimento em m da tábua 1"x8") + (massa da tábua 1"x6" x comprimento em m da tábua 1"x6")) = (9,78432x0,012x223,83) + (46,99296x5,67) + (64,60944x0,42) + ((4,06896x1,12) + (3,93784x0,84)) = 3,28x10² kg.

Aço = massa de prego 17x21 + massa de prego 17x27 + massa de prego 15x15 = 1,57584 + 2,352 + 1,176 = 5,10kg.

Desmoldante de forma = volume x densidade = 0,4704x1,4 = 6,59x10⁻¹kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 20,947x0,012 = 1,10x10⁻¹ m³.

Serviço 2 – etapa 3 – Armadura de aço para pilares de concreto (TCPO – pg. 120 – item 03210.8.1.10)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviço 3 – etapa 3 – Transporte, lançamento e acabamento de concreto (TCPO – pg. 157 – item 03310.8.13.2)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviço 4 – etapa 3 – Transporte, lançamento e acabamento de concreto (TCPO – pg. 157 – item 03310.8.13.2)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviço 5 – etapa 3 – Transporte, lançamento e acabamento de concreto (TCPO – pg. 157 – item 03310.8.13.2)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviços pertencentes a etapa 3 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.10.4.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = 58,33m² x (1,49x10⁷ J/m²) x 0,89 x (120/365 dias de construção) = 2,54x10⁸ J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = 2,54x10⁷ J.

- Energia elétrica = Estimando 9,13x10³ kcal/m², tem-se um consumo de = 58,33 m² x 9,13x10³ kcal/m² x 4186 J/kcal = 2,23x10⁹ J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = 2,23x10⁸ J.

Etapa 4 – Fechamentos internos e externos

A etapa 4 possui 1 serviço. O total dos recursos é o serviço 1. A tabela B.10.5. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.10.5. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 4 da casa padrão com produtividade de MO máxima.

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos para esta etapa	Serviço 1
Água	m ³	2,42E+00	2,42E+00
Areia	kg	2,22E+03	2,22E+03
Argila (tijolo)	kg	9,03E+03	9,03E+03
Cal	kg	2,88E+02	2,88E+02
Cimento / Fibrocimento	kg	2,88E+02	2,88E+02
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00
Mão de obra	J	1,06E+08	1,06E+08
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00

Tabela B.10.5. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos; Coluna 4 – Serviço 1.

Serviço 1 – etapa 4 – Alvenaria de Vedação com blocos cerâmicos furados (TCPO – pg. 200 – item 04211.8.2.3.)

Medição de alvenarias altas – planta do anexo D - (m) = 3,05 + 3,08 + 7,30 + 0,8 + 1,70 + 3,35 + 1,45 (medidas horizontais); 2,88 + 1,20 + 3,55 + 3,55 + 1,20 + 2,95 + 3,55 (medidas verticais).
Perímetro = 39,61m.

Altura da alvenaria = 2,80m. .

Perímetro da alvenaria para bancada de cozinha americana = 1,45 + 2,95 = 4,40m. Altura da bancada = 1,40m.

Total de alvenarias = 39,61 x 2,80 + 4,40 x 1,40 = 117,07 m².

Para um total de 117,07m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, adequados pela página 224, tem-se: 93,305 h de oficial; 108,426 h de servente; 1,9281429 m³ de areia; 287,64099 kg de cal; 287,64099 kg de cimento; 3008,699 unidades de bloco cerâmico furado (tijolo baiano).

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em emergia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 201,73 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 201,73 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 1,31x10⁸ J.

Areia = m³ de material x densidade = 1,9281429m³ x 1,15x10³ kg/m³ = 1,22x10³kg.

Cal = 2,88x10² kg.

Cimento = 2,88x10²kg.

Argila = número de blocos cerâmicos x massa unitária do bloco cerâmico = 3008,699 x 3 = 9,03x10³kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 201,73x0,012 = 2,42 m³.

Serviços pertencentes a etapa 4 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.10.5.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = $58,33\text{m}^2 \times (1,49 \times 10^7 \text{ J/m}^2) \times 0,89 \times (120/365 \text{ dias de construção}) = 2,54 \times 10^8 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,54 \times 10^7 \text{ J}$.
- Energia elétrica = Estimando $9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2$, tem-se um consumo de = $58,33 \text{ m}^2 \times 9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2 \times 4186 \text{ J/kcal} = 2,23 \times 10^9 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,23 \times 10^8$.

Etapa 5 – Cobertura

A etapa 5 possui 5 serviços. O total dos recursos é a soma dos serviços 1 à 5. A tabela B.10.6. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.10.6. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 5 da casa padrão MO com produtividade máxima.

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos para esta etapa	Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4	Serviço 5
Aço	kg	7,49E+01	3,44E+01	9,94E+00	3,57E+00	1,99E+01	7,14E+00
Água	m ³	2,41E+00	1,77E+00	2,20E-01	2,14E-02	3,75E-01	2,86E-02
Cimento / Fibrocimento	kg	9,07E+02	0,00E+00	8,13E+02	7,51E+01	0,00E+00	1,86E+01
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Estanho	kg	4,46E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,46E-01	0,00E+00
Madeira	kg	1,91E+03	1,91E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Mão de obra	J	1,05E+08	7,71E+07	9,59E+06	9,34E+05	1,64E+07	1,25E+06
Plástico	kg	1,38E+00	0,00E+00	6,63E-01	2,38E-01	0,00E+00	4,76E-01
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela B.10.6. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma dos serviços 1 a 5 – colunas 4 à 8); Coluna 4 – Serviço 1; Coluna 5 – Serviço 2; Coluna 6 – Serviço 3; Coluna 7 – Serviço 4; Coluna 8 – Serviço 5.

Serviço 1 – etapa 5 – Estrutura de madeira para telha ondulada de fibrocimento (TCPO – pg. 235 – item 06110.8.3.1.)

Considerada toda a área da edificação

Área = $7,84 \times 7,44$

Área = $58,33\text{m}^2$

Para um total de $58,33\text{m}^2$ e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, adequado pela página 260, tem-se: 73,716 h servente; 73,716 h de oficial; 10,4994 kg de prego 18x27; 23,9153 kg de ferragem para telhados; $1,7499\text{m}^3$ de madeira tipo peroba.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 147,433 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 147,433 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $7,71 \times 10^7$ J.

Aço = massa de pregos + massa de ferragens = $3,44 \times 10^1$ kg.

Madeira = volume de madeira x densidade da madeira = $1,7499 \times 1093,75 = 1,91 \times 10^3$ kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $147,433 \times 0,012 = 2,48$ m³.

Serviço 2 – etapa 5 – Cobertura com telha de fibrocimento e=6mm (TCPO – pg. 249 – item 07320.8.5.2.)

Considerada toda a área da edificação

Área = $7,84 \times 7,44$

Área = $58,33$ m²

Para um total de $58,33$ m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, adequado pela página 260, tem-se: 9,162 h de servente; 9,162 h de oficial; 82,8286 unidades de parafusos com rosca soberba galvanizado (comprimento 110mm diâmetro de 8mm); $67,0795$ m² de telha de fibrocimento ondulada 6mm; 82,8286 unidade de conjunto de vedação elástica.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 18,325 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 18,325 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $9,59 \times 10^6$ J.

Aço = quantidade de parafusos x massa unitária do parafuso = $82,8286 \times 0,12 = 9,94$ kg.

Plástico = quantidade de conjuntos de vedação x massa unitária por conjunto de vedação = $82,8286 \times 0,008 = 6,63 \times 10^{-1}$ kg.

Fibrocimento/Cimento = área de telhas de fibrocimento x massa por m² de telha de fibrocimento = $67,0795 \times 12,12 = 8,13 \times 10^2$ kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $18,325 \times 0,012 = 2,20 \times 10^{-1}$ m³.

Serviço 3 – etapa 5 – Cumeeira articulada de fibrocimento (TCPO – pg. 254 – item 07320.8.12.4)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviço 4 – etapa 5 – Calha de chapa galvanizada 26 (TCPO – pg. 258 – item 07712.8.1.7.)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviço 5 – etapa 5 – Rufo de fibrocimento (TCPO – pg. 256 – item 07320.8.18.3.)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviços pertencentes a etapa 5 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.10.6.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = $58,33\text{m}^2 \times (1,49 \times 10^7 \text{ J/m}^2) \times 0,89 \times (120/365 \text{ dias de construção}) = 2,54 \times 10^8 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,54 \times 10^7 \text{ J}$.

- Energia elétrica = Estimando $9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2$, tem-se um consumo de = $58,33 \text{ m}^2 \times 9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2 \times 4186 \text{ J/kcal} = 2,23 \times 10^9 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,23 \times 10^8 \text{ J}$.

Etapa 6 – Revestimento Grosso e Impermeabilização

A etapa 6 possui 5 serviços. O total dos recursos é a soma dos serviços 1 à 5. A tabela B.10.7. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.10.7. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 6 da casa padrão com produtividade de MO máxima.

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos para esta etapa	Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4	Serviço 5
Aço	kg	2,41E-01	0,00E+00	2,41E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Água	m ³	3,60E+00	8,13E-02	3,23E-02	4,90E-01	7,02E-01	2,29E+00
Areia	kg	7,91E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,01E+03	1,64E+03	5,26E+03
Cimento / Fibrocimento	kg	2,39E+03	0,00E+00	0,00E+00	4,55E+02	5,69E+02	1,37E+03
Emulsão Asfáltica	kg	3,90E+01	3,90E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Gesso	kg	9,25E+01	0,00E+00	9,25E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Mão de obra	J	1,57E+08	3,55E+06	1,41E+06	2,14E+07	3,06E+07	9,99E+07
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela B.10.7. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma dos serviços 1 a 5 – colunas 4 à 8); Coluna 4 – Serviço 1; Coluna 5 – Serviço 2; Coluna 6 – Serviço 3; Coluna 7 – Serviço 4; Coluna 8 – Serviço 5.

Serviço 1 – etapa 6 – Impermeabilização de piso (TCPO – pg.238 – item 07110.8.4.1.)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviço 2 – etapa 6 – Forro de gesso (TCPO – pg.302 – item 09500.8.8.5. – adaptado do texto “conteúdo do serviço”)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviço 3 – etapa 6 – Reboco, como sendo massa única (TCPO – pg. 328 – item 09705.8.3.8.) Todas as paredes que receberão azulejo devem ter emboço.

Área de azulejo no sanitário = $1,70 \times 2,80 \times 2 + 2,95 \times 2,80 \times 2 = 26,04 \text{ m}^2$

Área de azulejo na cozinha = $2,95 \times 1,40 + 1,45 \times 2,80 + 1,20 \times 2,80 + 0,80 \times 2,80 + (2,95 - 1,20) \times 2,80 + 1,45 \times 1,40 = 20,72 \text{ m}^2$

Área total de azulejo = $26,04 + 20,72 = 46,76 \text{ m}^2$.

Área de emboço = $46,76 \text{ m}^2$

Para um total de $46,76 \text{ m}^2$ e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, adequados pela página 354, tem-se: 16,810 h de pedreiro; 24,058 h de servente; $0,874412 \text{ m}^3$ de areia; $454,5072 \text{ kg}$ de cimento.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 40,868 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x $4186 \text{ J/kcal} = 40,868 \text{ h} \times 125 \text{ kcal/h} \times 4186 \text{ J/kcal} = 2,14 \times 10^7 \text{ J}$.

Areia = m^3 de material x densidade = $1,01 \times 10^3 \text{ kg}$.

Cimento = $4,55 \times 10^2 \text{ kg}$.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $40,868 \times 0,012 = 4,90 \times 10^{-1} \text{ m}^3$.

Serviço 4 – etapa 6 – Chapisco (TCPO – pg. 337 – item 09705.8.12.4.)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviço 5 – etapa 6 – Emboço (TCPO – pg. 322 – item 09705.8.2.16.)

Considerado que o Reboco é a massa única.

Considerado que o Reboco é executado em todas as paredes onde não há emboço.

Área de Reboco = Área de chapisco - Área Emboço = $234,14 - 46,76 = 187,38 \text{ m}^2$.

Para um total de $187,38 \text{ m}^2$ e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, adequados pela página 354, tem-se: 80,836 h de oficial; 110,179 h de servente; $4,572072 \text{ m}^3$ de areia; $1367,874 \text{ kg}$ cimento.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 191,015 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x $4186 \text{ J/kcal} = 191,015 \text{ h} \times 125 \text{ kcal/h} \times 4186 \text{ J/kcal} = 9,99 \times 10^7 \text{ J}$.

Areia = m^3 de material x densidade = $5,26 \times 10^3 \text{ kg}$.

Cimento = $1,37 \times 10^3 \text{ kg}$.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $3,15 \text{ m}^3$.

Serviços pertencentes a etapa 6 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.10.7.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = $58,33 \text{ m}^2 \times (1,49 \times 10^7 \text{ J/m}^2) \times 0,89 \times (120/365 \text{ dias de construção}) = 2,54 \times 10^8 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado $1/10$ deste valor = $2,54 \times 10^7 \text{ J}$.

- Energia elétrica = Estimando $9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2$, tem-se um consumo de $= 58,33 \text{ m}^2 \times 9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2 \times 4186 \text{ J/kcal} = 2,23 \times 10^9 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado $1/10$ deste valor $= 2,23 \times 10^8$.

Etapa 7 – Esquadrias

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 8 – Revestimento Fino e Acabamentos

A etapa 8 possui 7 serviços. O total dos recursos é a soma dos serviços 1 à 7. A tabela B.10.8. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.10.8. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 8 da casa padrão com produtividade MO máxima.

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos para esta etapa	Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4	Serviço 5	Serviço 6	Serviço 7
Água	m ³	3,99E+00	1,72E+00	3,82E-01	6,56E-01	3,16E-01	6,41E-01	6,75E-02	2,08E-01
Areia	kg	3,11E+03	0,00E+00	0,00E+00	2,05E+03	5,90E+01	1,01E+03	0,00E+00	0,00E+00
Cal	kg	2,84E+02	0,00E+00	0,00E+00	1,06E+02	7,66E+00	1,70E+02	0,00E+00	0,00E+00
Cerâmica Esmaltada	kg	1,09E+03	0,00E+00	0,00E+00	6,82E+02	4,55E+01	3,65E+02	0,00E+00	0,00E+00
Cimento / Fibrocimento	kg	7,48E+02	0,00E+00	0,00E+00	5,02E+02	7,66E+00	1,82E+02	3,31E+01	2,34E+01
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00						
Mão de obra	J	1,74E+08	7,51E+07	1,67E+07	2,86E+07	1,38E+07	2,79E+07	2,95E+06	9,05E+06
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00						
Tinta	kg	8,70E+01	7,77E+01	9,26E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela B.10.8. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergência; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma dos serviços 1 a 7 – colunas 4 à 10); Coluna 4 – Serviço 1; Coluna 5 – Serviço 2; Coluna 6 – Serviço 3; Coluna 7 – Serviço 4; Coluna 8 – Serviço 5; Coluna 9 – Serviços 6; Coluna 10 – Serviço 7.

Serviço 1 – etapa 8 – Pintura PVA de paredes internas e externa (TCPO – pg.292 – item 09115.8.12.1)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviço 2 – etapa 8 – Pintura com tinta esmalte (TCPO – pg.293 – item 09115.8.9.12)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviço 3 – etapa 8 – Piso cerâmico (TCPO – pg.305 – item 09606.8.2.1.)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviço 4 – etapa 8 – Rodapé cerâmico (TCPO – pg.307 – item 09606.8.4.1.)

Perímetro necessário de rodapé = 3,05 + 3,08 + 3,05 + 3,08 + 3,35 + 1,45 + 0,80 + 1,45 + 0,80 + 1,70 + 3,35 + 2,95 + 1,20 + 3,62 + 3,62 + 2,95 + 3,62 + 3,62 + 1,20 + 1,10 + 3,55 = 52,59 m.

Para um total de 52,59m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, adequados pela página 352, tem-se: 26,295 h de ladrilhista; zero h servente; 0,05132784 m³ de areia; 7,657104 kg de cal hidratada; 7,657104 kg de cimento; 57,849 m de rodapé cerâmico.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 1,38x10⁷ J.

Areia = m³ de material x densidade = 5,90x10¹kg.

Cal = 7,66 kg.

Cimento = 7,66 kg.

Cerâmica Esmaltada = (comprimento de cerâmica x largura da cerâmica x massa por m²) = 57,849x0,08x9,83 = 4,55x10¹kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 3,16x10⁻¹ m³.

Serviço 5 – etapa 8 – Azulejo (TCPO – pg.338 – item 09706.8.1.4.)

Área de azulejo no sanitário = 1,70 x 2,80 x 2 + 2,95 x 2,80 x 2 = 26,04 m²

Área de azulejo na cozinha = 2,95 x 1,40 + 1,45 x 2,80 + 1,20 x 2,80 + 0,80 x 2,80 + (2,95 - 1,20) x 2,80 + 1,45 x 1,40 = 20,72 m²

Área total de azulejo = 26,04 + 20,72 = 46,76 m².

Para um total de 46,76m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, adequados pela página 352, tem-se: 53,4 h de azulejista; zero h de servente; 0,874412 m³ de areia; 170,2064 kg cal hidratada; 11,69 kg de cimento branco; 170,2064 kg de cimento; 51,436 m² de azulejo cerâmico.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 2,79x10⁷ J.

Areia = m³ de material x densidade = 1,01x10³kg.

Cal = 1,70x10² kg.

Cimento = 1,82x10² kg.

Cerâmica Esmaltada = (área de cerâmica x massa por m²) = 51,436x7,1 = 3,65x10²kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 6,41x10⁻¹ m³.

Serviço 6 – etapa 8 – Rejunte para piso (TCPO – pg.306 – item 09606.8.3.1.)

Área de rejunte para piso = Área do piso + Área do rodapé

Área de rejunte = 58,33 + 52,59 x 0,08 (altura do rodapé) = 62,54m²

Para um total de 62,54m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, adequados pela página 352, tem-se: 5,629h de servente; 33,08366 kg de argamassa pré-fabricada.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 2,95x10⁶ J.

Cimento = considerando que toda a argamassa tem como material o cimento = 3,31x10¹kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 6,75x10⁻² m³.

Serviço 7 – etapa 8 – Rejunte para azulejo (TCPO – pg.341 – item 09706.8.5.2)

Área de rejunte = Área de azulejo = 46,76m².

Para um total de 46,76m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, adequados pela página 352, tem-se: 11,69 h de azulejista; 5,6112 h de servente; 23,38 kg de argamassa pré-fabricada.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 9,05x10⁶ J.

Cimento = considerando que toda a argamassa tem como material o cimento = 2,34x10¹kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 2,08x10⁻¹ m³.

Serviços pertencentes a etapa 8 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.10.8.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = 58,33m² x (1,49x10⁷ J/m²) x 0,89 x (120/365 dias de construção) = 2,54x10⁸ J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = 2,54x10⁷ J.

- Energia elétrica = Estimando 9,13x10³kcal/m², tem-se um consumo de = 58,33 m² x 9,13x10³ kcal/m² x 4186 J/kcal = 2,23x10⁹J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = 2,23x10⁸.

Etapa 9 – Instalações Hidráulicas

A etapa 9 possui 8 serviços. O total dos recursos é a soma dos serviços 1 à 8. A tabela B.10.9. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.10.9. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 9 da casa padrão com produtividade de MO máxima.

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos para esta etapa	Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4	Serviço 5	Serviço 6	Serviço 7	Serviço 8
Água	m ³	2,10E+00	4,27E-01	4,23E-01	2,77E-01	3,20E-01	1,86E-01	2,04E-01	1,26E-01	1,37E-01
Areia	kg	5,23E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,38E+01	2,85E+01	0,00E+00
Cal	kg	6,78E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,09E+00	3,70E+00	0,00E+00

Cimento / Fibrocimento	kg	6,39E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,91E+00	3,48E+00	0,00E+00
Cobre	kg	2,82E+00	0,00E+00	2,82E+00							
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00								
Mão de obra	J	9,15E+07	1,86E+07	1,84E+07	1,21E+07	1,40E+07	8,10E+06	8,90E+06	5,47E+06	5,97E+06	
Plástico	kg	8,40E-03	0,00E+00	8,40E-03							
PVC	kg	5,88E+01	2,22E+01	2,26E+01	1,40E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00								
Tinta	kg	3,97E-01	8,06E-02	1,95E-01	1,21E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela B.10.9. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma dos serviços 1 a 7 – colunas 4 à 10); Coluna 4 – Serviço 1; Coluna 5 – Serviço 2; Coluna 6 – Serviço 3; Coluna 7 – Serviço 4; Coluna 8 – Serviço 5; Coluna 9 – Serviços 6; Coluna 10 – Serviço 7; Coluna 11 – Serviço 8.

Serviço 1 – etapa 9 – Água Fria (TCPO – pg.408 – item 15142.8.22.3).

Estimativa de comprimento necessário

Banheiro = 13m

Cozinha = 9,2m

Área de serviço = 7m

Área externa e chegada até a caixa d'água = 19,28m

Total = Banheiro + cozinha + área de serviço + área externa e cx água = 48,48m.

Para um total de 46,76m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, adequados pela página 462, tem-se: 21,816 h de ajudante de encanador; 13,744 h de encanador; 0,02424 l de solução limpadora de PVC; 72,72 m de tubo soldável para PVC; 0,047 kg adesivo para tubo de PVC.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em emergia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 1,86x10⁷ J.

Tinta = considerando que solução limpadora e adesivos para PVC são considerados tinta = adesivo para tubo de PVC + (volume de solução limpadora x 1,39kg por litro) = 8,06x10⁻²kg.

PVC = comprimento da tubulação x massa por m de tubulação = 72,72 x 0,305 = 2,22x10¹kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 4,27x10⁻¹ m³.

Serviço 2 – etapa 9 – Tubulação de Esgoto (TCPO – pg.440 – item 15152.8.22.4) - Coeficientes da TCPO foram multiplicados pelos fatores que se seguem para considerar que já possuem as conexões (assim como na tubulação Marrom): Ajudante e encanador = 2,11; Tubulação de PVC = 1,29; Pasta lubrificante de PVC = 1,31.)

Estimativa de comprimento necessário

Banheiro = 3,5m

Cozinha = 4m

Área de serviço = 4m

Área externa = 7,84m

Total = Banheiro + cozinha + área de serviço + área externa = 19,34 m.

Para um total de 19,34m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, adequados pela página 462, tem-se: 21,219848 h de ajudante de encanador; 14,026 h de encanador; 6,3822 unidades

de anel de borracha para esgoto; 0,19508258 kg de pasta lubrificante de PVC; 25,198086 m de tubo PVC branco para esgoto.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $1,84 \times 10^7$ J.

Tinta = considerando pastas lubrificantes são considerados tinta = $1,95 \times 10^{-1}$ kg

PVC = (comprimento da tubulação x massa por m de tubulação) + (unidades de anel de borracha x massa por unidade) = (25,198086x0,89) + (6,3822x0,03) = $2,26 \times 10^1$ kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $4,23 \times 10^{-1}$ m³.

Serviço 3 – etapa 9 – Tubulações de Águas Pluviais (Adotando mesmos coeficientes do serviço 2 etapa 9)

Considerando 4 descidas (1 por canto da casa), temos 4 descidas de 3m = 12m.

Para um total de 12m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, adequados pela página 462, tem-se: 13,1664 h de ajudante de encanador; 9,9143 h de encanador; 3,96 anéis de borracha para tubo de PVC; 0,121044 kg de pasta lubrificante para tubo de PVC; 15,6348 m tubo de PVC branco.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $1,21 \times 10^7$ J.

Tinta = considerando pastas lubrificantes são considerados tinta = $1,21 \times 10^{-1}$ kg

PVC = (comprimento da tubulação x massa por m de tubulação) + (unidades de anel de borracha x massa por unidade) = $1,40 \times 10^1$ kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $2,77 \times 10^{-1}$ m³.

Serviço 4 – etapa 9 – Rasgos em alvenaria para passagem de tubulação de Água Fria (TCPO – pg. 187 – item 04050.8.1.2.)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviço 5 – etapa 9 – Rasgos em alvenaria para passagem de tubulação de Esgoto (TCPO – pg. 187 – item 04050.8.1.2.)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviço 6 – etapa 9 – Fechamento de rasgos em Alvenarias para passagem de tubulação – Água Fria (TCPO – pg.188 – item 04050.8.2.2.)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviço 7 – etapa 9 – Fechamento de rasgos em Alvenarias para passagem de tubulação – Esgoto (TCPO – pg.188 – item 04050.8.2.2.)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviço 8 – etapa 9 – Registro de gaveta com canopla (TCPO – pg.378 – item 15110.8.1.13.)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviços pertencentes a etapa 9 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.10.9.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = $58,33\text{m}^2 \times (1,49 \times 10^7 \text{ J/m}^2) \times 0,89 \times (120/365 \text{ dias de construção}) = 2,54 \times 10^8 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,54 \times 10^7 \text{ J}$.

- Energia elétrica = Estimando $9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2$, tem-se um consumo de $= 58,33 \text{ m}^2 \times 9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2 \times 4186 \text{ J/kcal} = 2,23 \times 10^9 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,23 \times 10^8 \text{ J}$.

Etapa 10 – Instalações Elétricas

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Anexo B.11. – Cálculo em energia da casa padrão com mão de obra (MO) de produtividade mínima.

Tabela B.11.1. – Quantidade total do levantamento das 10 etapas da casa padrão com MO de produtividade mínima, ordenado em ordem alfabética do recurso, na unidade correspondente do levantamento e sua transformação para energia.

Recurso	Unidade do levantamento (un.)	Quantidade total dos recursos (un.)	Unidade da Energia por unidade (sej/un.)	Energia por Unidade / Transformidade (sej/un.)	Energia (sej)	Ref.
Aço	kg	6,42E+02	sej/kg	6,97E+12	4,47E+15	1
Água	m ³	2,44E+01	sej/m ³	7,75E+11	1,89E+13	7
Alumínio	kg	0,00E+00	sej/kg	2,13E+13	0,00E+00	1
Areia	kg	2,71E+04	sej/kg	1,68E+12	4,55E+16	4
Argila (tijolo / telhas)	kg	9,03E+03	sej/kg	4,80E+12	4,33E+16	1
Cal	kg	5,85E+02	sej/kg	1,68E+12	9,82E+14	4
Cerâmica Esmaltada	kg	1,09E+03	sej/kg	5,14E+12	5,62E+15	11
Cimento / Fibrocimento	kg	8,43E+03	sej/kg	3,04E+12	2,56E+16	2
Cobre	kg	9,97E+00	sej/kg	1,04E+14	1,04E+15	6
Desmoldante	kg	2,88E+00	sej/kg	2,55E+13	7,33E+13	1
Emulsão Asfáltica	kg	3,90E+01	sej/kg	2,55E+13	9,94E+14	1

Energia elétrica	J	2,23E+09	sej/J	2,69E+05	6,00E+14	7
Estanho	kg	4,46E-01	sej/kg	6,97E+12	3,11E+12	1
Ferro	kg	1,85E+01	sej/kg	6,97E+12	1,29E+14	1
Gesso	kg	9,25E+01	sej/kg	3,29E+12	3,04E+14	8
Madeira	kg	2,91E+03	sej/kg	8,79E+11	2,56E+15	7
Mão de obra	J	1,06E+09	sej/J	1,24E+07	2,64E+16	3
Pedra	kg	1,95E+04	sej/kg	1,68E+12	3,27E+16	4
Plástico	kg	1,07E+01	sej/kg	5,75E+12	6,14E+13	7
PVC	kg	1,01E+02	sej/kg	9,86E+12	9,94E+14	1
Energia Solar	J	2,54E+08	sej/J	1,00E+00	2,54E+08	10
Material Orgânico do Solo	J	1,49E+10	sej/J	1,24E+06	1,85E+16	9
Tinta	kg	8,74E+01	sej/kg	2,55E+13	2,23E+15	1
Vidros	kg	3,79E+01	sej/kg	1,41E+12	5,34E+13	5
Total					2,12E+17	

Tabela B.11.1. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nas etapas de obra; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recurso; Coluna 4 – Unidade de emergia por unidade para conversão das quantidades encontradas em Emergia; Coluna 5 – Valor da Emergia por unidade; Coluna 6 – Valor em emergia do recurso. Trata-se do produto da coluna 3 com a coluna 5; Coluna 7 – Fonte da transformidade ou emergia por unidade utilizada para conversão (vide anexo A).

A coluna 3 da tabela B.11.1. é formada pela soma das etapas 1 a 10, conforme demonstrado na tabela B.11.2.

Tabela B.11.2 – Quantidade de recursos por etapa da obra da casa padrão com MO de produtividade mínima.

Recurso	Un.	Quantidade										
		Total dos recursos	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5	Etapa 6	Etapa 7	Etapa 8	Etapa 9	Etapa 10
Aço	kg	6,42E+02	1,19E+01	3,30E+02	2,19E+02	0,00E+00	7,49E+01	2,41E-01	6,57E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Água	m3	4,87E+01	2,16E+00	4,02E+00	3,58E+00	3,88E+00	6,40E+00	7,42E+00	1,67E+00	1,47E+01	2,52E+00	2,37E+00
Alumínio	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Areia	kg	2,71E+04	7,31E+02	4,41E+03	8,43E+03	2,22E+03	0,00E+00	7,91E+03	1,63E+02	3,11E+03	5,23E+01	4,48E+01
Argila (tijolo / telhas)	kg	9,03E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,03E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cal	kg	5,85E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,88E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,84E+02	6,78E+00	5,81E+00
Cerâmica Esmaltada	kg	1,09E+03	0,00E+00	1,09E+03	0,00E+00	0,00E+00						
Cimento / Fibrocimento	kg	8,43E+03	2,99E+02	1,44E+03	2,31E+03	2,88E+02	9,07E+02	2,39E+03	4,00E+01	7,48E+02	6,39E+00	5,48E+00
Cobre	kg	9,97E+00	0,00E+00	2,82E+00	7,15E+00							
Desmoldante	kg	2,88E+00	0,00E+00	2,22E+00	6,59E-01	0,00E+00						
Emulsão Asfáltica	kg	3,90E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,90E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energia elétrica	J	2,23E+09	2,23E+08									
Estanho	kg	4,46E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,46E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Ferro	kg	1,85E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,85E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Gesso	kg	9,25E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,25E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Madeira	kg	2,91E+03	5,49E+02	4,67E+01	3,40E+02	0,00E+00	1,91E+03	0,00E+00	6,25E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Mão de obra	J	2,13E+09	9,43E+07	1,76E+08	1,57E+08	1,69E+08	2,79E+08	3,24E+08	7,29E+07	6,40E+08	1,10E+08	1,03E+08
Pedra	kg	1,95E+04	7,90E+02	4,91E+03	1,38E+04	0,00E+00						
Plástico	kg	1,07E+01	0,00E+00	7,87E+00	1,42E+00	0,00E+00	1,38E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8,40E-03	0,00E+00
PVC	kg	1,01E+02	0,00E+00	5,88E+01	4,19E+01							
Energia Solar	J	2,54E+08	2,54E+07									

Material Orgânico do Solo	J	1,49E+10	1,17E+10	3,18E+09	0,00E+00							
Tinta	kg	8,74E+01	0,00E+00	8,70E+01	3,97E-01	0,00E+00						
Vidros	kg	3,79E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,79E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela B.11.2. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nas etapas de obra; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma das etapas 1 a 10 – colunas 4 à 13); Coluna 4 – Etapa 1 – Canteiro de Obra e Serviços Preliminares; Coluna 5 – Etapa 2 – Fundação; Coluna 6 – Etapa 3 – Superestrutura; Coluna 7 – Etapa 4 – Fechamentos Internos e Externos; Coluna 8 – Etapa 5 – Cobertura; Coluna 9 – Etapa 6 – Revestimento Grosso e Impermeabilização; Coluna 10 – Etapa 7 – Esquadrias; Coluna 11 – Etapa 8 – Revestimento Fino e Acabamentos; Coluna 12 – Etapa 9 – Instalações Hidráulicas; Coluna 15 – Etapa 10 – Instalações Elétricas.

Etapa 1 – Instalação do Canteiro de Obras e Serviços Preliminares

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 2 – Fundação

A etapa 2 possui 8 serviços. O total dos recursos é a soma dos serviços 1 à 8. A tabela B.11.3. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.11.3. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 2 da casa padrão com MO de produtividade mínima.

Recurso	Un.	Quantidade								
		Total dos recursos para esta etapa	Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4	Serviço 5	Serviço 6	Serviço 7	Serviço 8
Aço	kg	3,30E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,35E+01	4,28E+00	3,02E+02	1,55E-02	1,01E-03
Água	m ³	4,02E+00	2,43E-01	1,71E-02	2,85E-01	6,61E-01	7,68E-01	1,41E+00	3,57E-01	2,77E-01
Areia	kg	4,41E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,25E+03	0,00E+00	0,00E+00	3,16E+03	0,00E+00
Cimento / Fibrocimento	kg	1,44E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,31E+02	0,00E+00	0,00E+00	1,11E+03	0,00E+00
Desmoldante	kg	2,22E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,22E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00							
Madeira	kg	4,67E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,67E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Mão de obra	J	1,76E+08	1,06E+07	7,46E+05	1,24E+07	2,90E+07	3,35E+07	6,15E+07	1,61E+07	1,24E+07
Pedra	kg	4,91E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,33E+03	0,00E+00	0,00E+00	3,58E+03	0,00E+00
Plástico	kg	7,87E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,87E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00							
Material Orgânico do Solo	J	3,18E+09	0,00E+00							

Tabela B.11.3. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma dos serviços 1 a 8 – colunas 4 à 11); Coluna 4 – Serviço 1; Coluna 5 – Serviço 2; Coluna 6 – Serviço 3; Coluna 7 – Serviço 4; Coluna 8 – Serviço 5; Coluna 9 – Serviços 6; Coluna 10 – Serviço 7; Coluna 11 – Serviço 8.

Serviço 1 – etapa 2 – Escavação manual de vala (TCPO – pg. 66 – item 02315.8.2.1)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviço 2 – etapa 2 – Reaterro Manual de vala (TCPO – pg. 68 – item 02315.8.7.2)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviço 3 – etapa 2 – Apiloamento de fundo de vala (TCPO – pg. 68 – item 02315.8.8.2)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviço 4 – etapa 2 – Broca de Concreto Armado, controle tipo C (TCPO – pg. 80 – item 02465.8.1.1)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviço 5 – etapa 2 – Forma de madeira para fundação (TCPO – pg. 120 – item 03110.8.1.8)

Área de forma = perímetro de vigas de concreto x altura das vigas de concreto

$$\text{Área de forma} = 39,61 \times 0,4 = 15,84 \text{ m}^2.$$

Para um total de $15,84\text{m}^2$ e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, adequados pela pg.180, tem-se: 12,783 horas de servente; 51,215 horas de oficial; 0,9504 kg prego 17x21; 19,78416m sarrafo 1"x3"; $6,85872\text{m}^2$ tábuas 1"x12"; 1,584l de desmoldantes de forma; 1,7424kg de barras de aço; 1,584kg prego 17x27.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em emergia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 63,998 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 63,998 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $3,35 \times 10^7$ J.

Aço = massa de prego 17x27 + massa de prego 17x21 + massa de barras de aço = 0,9504 + 1,584 + 1,7424 = 4,28 kg.

Madeira = massa de sarrafo + massa de tábuas = (comprimento do sarrafo x massa por comprimento de sarrafo) + (área da tábuas x massa por área da tábuas) = (19,78416x0,42) + (6,85872x5,6) = $4,67 \times 10^1$ kg.

Desmoldante de forma = volume x densidade = 1,584x1,4 = 2,22kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 63,998x0,012 = $7,68 \times 10^{-1}$ m³.

Serviço 6 – etapa 2 – Armadura de aço para concreto de vigas baldrame (TCPO – pg.150 – item 03210.8.1.11)

Adotado taxa de 85kg/m³

$$V_{\text{concreto}} = 3,17\text{m}^3$$

$$\text{Aço} = V_{\text{concreto}} \times \text{taxa de aço} = 3,17 \times 85 = 269,45\text{kg}$$

Para um total de 269,45kg e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, adequados pela pg. 176, tem-se: 58,738 horas de serventes; 58,738 horas de oficial; 1966,985 unidades de espaçador circular de plástico; 296,395kg de barras de aço 10mm; 5,389 kg de arame recozido.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 117,476 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 117,476 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $6,15 \times 10^7$ J.

Aço = massa de arame recozido + massa de barras de aço = 5,389 + 296,395 = $3,02 \times 10^2$ kg.

Plástico = quantidade de espaçadores x massa unitária do espaçador = 1966,985 x 0,004 = 7,87kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 117,476 x 0,012 = $1,41 \text{ m}^3$.

Serviço 7 – etapa 2 – Concreto para vigas baldrames (TCPO – pg.152 – item 03310.8.1.21)

Vconcreto = $3,17 \text{ m}^3$

Para um total de $3,17 \text{ m}^3$ e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, adequados pela página 183, tem-se: 29,74728 horas de serventes; $2,7484 \text{ m}^3$ de areia; $0,66253 \text{ m}^3$ de pedra 1; $1,98759 \text{ m}^3$ de pedra 2; 1106,33 kg de cimento; 0,97002hprod de betoneira elétrica 2HP.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente = 29,74728 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = (horas somadas de servente + horas de servente operando betoneira) x 125 kcal/h x 4186 J/kcal = 12,4581 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $1,61 \times 10^7$ J.

Areia = m^3 de material x densidade = $2,74839 \text{ m}^3 \times 1,15 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 = 3,16 \times 10^3 \text{ kg}$.

Pedra = m^3 de material x densidade = $(0,66253 + 1,98759) \text{ m}^3 \times 1,35 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 = 3,58 \times 10^3 \text{ kg}$.

Cimento = $1,11 \times 10^3 \text{ kg}$.

Aço = massa de aço da betoneira (depreciação) = $0,016 \times 0,97002 = 1,55 \times 10^{-2} \text{ kg}$.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $29,74728 \times 0,012 = 3,57 \times 10^{-1} \text{ m}^3$.

Serviço 8 – etapa 2 – Transporte, lançamento e acabamento de concreto (TCPO – pg. 157 – item 03310.8.13.2)

Vconcreto = $3,17 \text{ m}^3$

Para um total de $3,17 \text{ m}^3$ e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, adequado pela página 183, tem-se: 8,1805 horas de oficial; 14,874 horas de servente; 0,634 hprod de vibrador elétrico.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 23,054 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = (horas somadas de servente + horas de servente operando vibrador) x 125 kcal/h x 4186 J/kcal = 23,054 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $1,24 \times 10^7$ J.

Aço = massa de aço do vibrador (depreciação) = $0,0016 \times 0,634 = 1,01 \times 10^{-3} \text{ kg}$.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $23,054 \times 0,012 = 2,77 \times 10^{-1} \text{ m}^3$.

Serviços pertencentes a etapa 2 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.10.3.

- Perda de material orgânico do solo = Massa do Matéria orgânica do solo escavado x Porcentagem de matéria orgânica x Conteúdo energético x 4186 J/kcal = (volume do solo retirado x densidade do solo) x (3%) x (5 kcal/kg) x (4186 J/kcal) = (3,17 x 1600kg/m³) x (3%) x (5kcal/kg) x (4186 J/kcal) = 3,19x10⁹ J.
- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = 58,33m² x (1,49x10⁷ J/m²) x 0,89 x (120/365 dias de construção) = 2,54x10⁸ J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = 2,54x10⁷ J.
- Energia elétrica = Estimando 9,13x10³kcal/m², tem-se um consumo de = 58,33 m² x 9,13x10³ kcal/m² x 4186 J/kcal = 2,23x10⁹J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor =2,23x10⁸.

Etapa 3 – Superestrutura

A etapa 3 possui 5 serviços. O total dos recursos é a soma dos serviços 1 à 5. A tabela B.11.4. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.11.4. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 3 da casa padrão com produtividade de MO mínima.

Recurso	Un.	Quantidade					
		Total dos recursos para esta etapa	Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4	Serviço 5
Aço	kg	2,19E+02	5,10E+00	8,47E+01	1,29E+02	4,94E-03	3,23E-04
Água	m ³	3,58E+00	6,07E-01	3,15E-01	2,42E+00	1,14E-01	1,16E-01
Areia	kg	8,43E+03	0,00E+00	0,00E+00	7,43E+03	1,01E+03	0,00E+00
Cimento / Fibrocimento	kg	2,31E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,96E+03	3,52E+02	0,00E+00
Desmoldante	kg	6,59E-01	6,59E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Madeira	kg	3,40E+02	3,28E+02	0,00E+00	1,26E+01	0,00E+00	0,00E+00
Mão de obra	J	1,57E+08	2,65E+07	1,37E+07	1,07E+08	5,11E+06	5,18E+06
Pedra	kg	1,38E+04	0,00E+00	0,00E+00	1,26E+04	1,14E+03	0,00E+00
Plástico	kg	1,42E+00	0,00E+00	1,42E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela B.11.4. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma dos serviços 1 a 5 – colunas 4 à 8); Coluna 4 – Serviço 1; Coluna 5 – Serviço 2; Coluna 6 – Serviço 3; Coluna 7 – Serviço 4; Coluna 8 – Serviço 5.

Serviço 1 – etapa 3 – Forma com chapa plastificada 12 mm (TCPO – pg. 126 – item 03110.8.2.2.)

Área de forma = n° faces x altura pilar x largura dos pilares

Adotado pé direito de 2,80m e 12 pilares de 15x20cm

Área de forma = 2 x 2,80 x 0,2 + 2 x 2,80 x 0,15 = 1,96 m²

Área total de forma = 12 x 1,96 = 23,52m²

Para um total de $23,52\text{m}^2$ e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, adequados pela página 180, tem-se: 10,112 h de servente; 40,448 h de oficial; $9,78432\text{ m}^2$ de chapa compensada 12 mm; 1,57584 kg prego 17x21; 46,99296m pontalete 3"x3"; 64,60944m de sarrafo 1"x3"; 4,06896m de tábua 1"x8"; 3,93784m de tábua 1"x6"; 0,4704l de desmoldante de formas; 2,352 kg de prego 17x27; 1,176kg de prego 15x15.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 50,559 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 50,559 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $2,65 \times 10^7$ J.

Madeira = massa de chapa compensada + massa de pontalete + massa de sarrafo + massa de tábua = (área de chapa x espessura x densidade) + (comprimento do pontalete x massa por m de pontalete) + (comprimento do sarrafo x massa por m de sarrafo) + ((massa da tábua 1"x8" x comprimento em m da tábua 1"x8") + (massa da tábua 1"x6" x comprimento em m da tábua 1"x6")) = $(9,78432 \times 0,012 \times 223,83) + (46,99296 \times 5,67) + (64,60944 \times 0,42) + ((4,06896 \times 1,12) + (3,93784 \times 0,84)) = 3,28 \times 10^2$ kg.

Aço = massa de prego 17x21 + massa de prego 17x27 + massa de prego 15x15 = 1,57584 + 2,352 + 1,176 = 5,10kg.

Desmoldante de forma = volume x densidade = $0,4704 \times 1,4 = 6,59 \times 10^{-1}$ kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $50,559 \times 0,012 = 6,07 \times 10^{-1}$ m³.

Serviço 2 – etapa 3 – Armadura de aço para pilares de concreto (TCPO – pg. 120 – item 03210.8.1.10)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviço 3 – etapa 3 – Transporte, lançamento e acabamento de concreto (TCPO – pg. 157 – item 03310.8.13.2)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviço 4 – etapa 3 – Transporte, lançamento e acabamento de concreto (TCPO – pg. 157 – item 03310.8.13.2)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviço 5 – etapa 3 – Transporte, lançamento e acabamento de concreto (TCPO – pg. 157 – item 03310.8.13.2)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviços pertencentes a etapa 3 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.11.4.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = $58,33\text{m}^2 \times (1,49 \times 10^7 \text{ J/m}^2) \times 0,89 \times (120/365 \text{ dias de construção}) = 2,54 \times 10^8 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,54 \times 10^7 \text{ J}$.
- Energia elétrica = Estimando $9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2$, tem-se um consumo de = $58,33 \text{ m}^2 \times 9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2 \times 4186 \text{ J/kcal} = 2,23 \times 10^9 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,23 \times 10^8$.

Etapa 4 – Fechamentos internos e externos

A etapa 4 possui 1 serviço. O total dos recursos é o serviço 1. A tabela B.11.5. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.11.5. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 4 da casa padrão com produtividade de MO mínima.

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos para esta etapa	Serviço 1
Água	m ³	3,88E+00	3,88E+00
Areia	kg	2,22E+03	2,22E+03
Argila (tijolo)	kg	9,03E+03	9,03E+03
Cal	kg	2,88E+02	2,88E+02
Cimento / Fibrocimento	kg	2,88E+02	2,88E+02
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00
Mão de obra	J	1,69E+08	1,69E+08
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00

Tabela B.11.5. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos; Coluna 4 – Serviço 1.

Serviço 1 – etapa 4 – Alvenaria de Vedação com blocos cerâmicos furados (TCPO – pg. 200 – item 04211.8.2.3.)

Medição de alvenarias altas – planta do anexo D - (m) = 3,05 + 3,08 + 7,30 + 0,8 + 1,70 + 3,35 + 1,45 (medidas horizontais); 2,88 + 1,20 + 3,55 + 3,55 + 1,20 + 2,95 + 3,55 (medidas verticais). Perímetro = 39,61m.

Altura da alvenaria = 2,80m. .

Perímetro da alvenaria para bancada de cozinha americana = 1,45 + 2,95 = 4,40m. Altura da bancada = 1,40m.

Total de alvenarias = $39,61 \times 2,80 + 4,40 \times 1,40 = 117,07 \text{ m}^2$.

Para um total de $117,07\text{m}^2$ e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, adequados pela página 224, tem-se: 169,869 h de oficial; 153,869 h de servente; $1,9281429 \text{ m}^3$ de areia; 287,64099 kg de cal; 287,64099 kg de cimento; 3008,699 unidades de bloco cerâmico furado (tijolo baiano).

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em emergia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 323,737 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = $323,737 \text{ h} \times 125 \text{ kcal/h} \times 4186\text{J/kcal} = 1,69 \times 10^8 \text{ J}$.

Areia = m3 de material x densidade = 1,9281429m3 x 1,15x10³ kg/m³ = 1,22x10³kg.

Cal = 2,88x10² kg.

Cimento = 2,88x10²kg.

Argila = número de blocos cerâmicos x massa unitária do bloco cerâmico = 3008,699 x 3 = 9,03x10³kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 323,737x0,012 = 3,88 m³.

Serviços pertencentes a etapa 4 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.11.5.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = 58,33m² x (1,49x10⁷ J/m²) x 0,89 x (120/365 dias de construção) = 2,54x10⁸ J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = 2,54x10⁷ J.

- Energia elétrica = Estimando 9,13x10³kcal/m², tem-se um consumo de = 58,33 m² x 9,13x10³ kcal/m² x 4186 J/kcal = 2,23x10⁹J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor =2,23x10⁸.

Etapa 5 – Cobertura

A etapa 5 possui 5 serviços. O total dos recursos é a soma dos serviços 1 à 5. A tabela B.11.6. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.11.6. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 5 da casa padrão MO com produtividade mínima.

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos para esta etapa	Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4	Serviço 5
Aço	kg	7,49E+01	3,44E+01	9,94E+00	3,57E+00	1,99E+01	7,14E+00
Água	m ³	6,40E+00	5,31E+00	6,60E-01	2,14E-02	3,75E-01	2,86E-02
Cimento / Fibrocimento	kg	9,07E+02	0,00E+00	8,13E+02	7,51E+01	0,00E+00	1,86E+01
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Estanho	kg	4,46E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,46E-01	0,00E+00
Madeira	kg	1,91E+03	1,91E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Mão de obra	J	2,79E+08	2,32E+08	2,88E+07	9,34E+05	1,64E+07	1,25E+06
Plástico	kg	1,38E+00	0,00E+00	6,63E-01	2,38E-01	0,00E+00	4,76E-01
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela B.11.6. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma dos serviços 1 a 5 – colunas 4 à 8); Coluna 4 – Serviço 1; Coluna 5 – Serviço 2; Coluna 6 – Serviço 3; Coluna 7 – Serviço 4; Coluna 8 – Serviço 5.

Serviço 1 – etapa 5 – Estrutura de madeira para telha ondulada de fibrocimento (TCPO – pg. 235 – item 06110.8.3.1.)

Considerada toda a área da edificação

Área = 7,84x7,44

Área = 58,33m²

Para um total de 58,33m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, adequado pela página 260, tem-se: 221,252 h servente; 221,252 h de oficial; 10,4994 kg de prego 18x27; 23,9153 kg de ferragem para telhados; 1,7499m³ de madeira tipo peroba.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 442,504 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 442,504 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 2,32x10⁸ J.

Aço = massa de pregos + massa de ferragens = 3,44x10¹kg.

Madeira = volume de madeira x densidade da madeira = 1,7499 x 1093,75 = 1,91x10³kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 442,504 x 0,012 = 5,31 m³.

Serviço 2 – etapa 5 – Cobertura com telha de fibrocimento e=6mm (TCPO – pg. 249 – item 07320.8.5.2.)

Considerada toda a área da edificação

Área = 7,84x7,44

Área = 58,33m²

Para um total de 58,33m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, adequado pela página 260, tem-se: 27,5 h de servente; 27,5 h de oficial; 82,8286 unidades de parafusos com rosca soberba galvanizado (comprimento 110mm diâmetro de 8mm); 67,0795 m² de telha de fibrocimento ondulada 6mm; 82,8286 unidade de conjunto de vedação elástica.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 55 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = 55 h x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 2,88x10⁷ J.

Aço = quantidade de parafusos x massa unitária do parafuso = 82,8286 x 0,12 = 9,94kg.

Plástico = quantidade de conjuntos de vedação x massa unitária por conjunto de vedação = 82,8286 x 0,008 = 6,63x10⁻¹kg.

Fibrocimento/Cimento = área de telhas de fibrocimento x massa por m² de telha de fibrocimento = 67,0795 x 12,12 = 8,13x10²kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 55 x 0,012 = 6,60x10⁻¹ m³.

Serviço 3 – etapa 5 – Cumeeira articulada de fibrocimento (TCPO – pg. 254 – item 07320.8.12.4)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviço 4 – etapa 5 – Calha de chapa galvanizada 26 (TCPO – pg. 258 – item 07712.8.1.7.)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviço 5 – etapa 5 – Rufo de fibrocimento (TCPO – pg. 256 – item 07320.8.18.3.)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviços pertencentes a etapa 5 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.11.6.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = $58,33\text{m}^2 \times (1,49 \times 10^7 \text{ J/m}^2) \times 0,89 \times (120/365 \text{ dias de construção}) = 2,54 \times 10^8 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,54 \times 10^7 \text{ J}$.

- Energia elétrica = Estimando $9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2$, tem-se um consumo de = $58,33 \text{ m}^2 \times 9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2 \times 4186 \text{ J/kcal} = 2,23 \times 10^9 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,23 \times 10^8$.

Etapa 6 – Revestimento Grosso e Impermeabilização

A etapa 6 possui 5 serviços. O total dos recursos é a soma dos serviços 1 à 5. A tabela B.11.7. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.11.7. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 6 da casa padrão com produtividade de MO mínima.

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos para esta etapa	Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4	Serviço 5
Aço	kg	2,41E-01	0,00E+00	2,41E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Água	m ³	7,42E+00	8,13E-02	3,23E-02	1,16E+00	7,02E-01	5,44E+00
Areia	kg	7,91E+03	0,00E+00	0,00E+00	1,01E+03	1,64E+03	5,26E+03
Cimento / Fibrocimento	kg	2,39E+03	0,00E+00	0,00E+00	4,55E+02	5,69E+02	1,37E+03
Emulsão Asfáltica	kg	3,90E+01	3,90E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Gesso	kg	9,25E+01	0,00E+00	9,25E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Mão de obra	J	1,57E+08	3,55E+06	1,41E+06	2,14E+07	3,06E+07	9,99E+07
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela B.11.7. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma dos serviços 1 a 5 – colunas 4 à 8); Coluna 4 – Serviço 1; Coluna 5 – Serviço 2; Coluna 6 – Serviço 3; Coluna 7 – Serviço 4; Coluna 8 – Serviço 5.

Serviço 1 – etapa 6 – Impermeabilização de piso (TCPO – pg.238 – item 07110.8.4.1.)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviço 2 – etapa 6 – Forro de gesso (TCPO – pg.302 – item 09500.8.8.5. – adaptado do texto “conteúdo do serviço”)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviço 3 – etapa 6 – Reboco, como sendo massa única (TCPO – pg. 328 – item 09705.8.3.8.)
Todas as paredes que receberão azulejo devem ter emboço.

Área de azulejo no sanitário = $1,70 \times 2,80 \times 2 + 2,95 \times 2,80 \times 2 = 26,04 \text{ m}^2$
Área de azulejo na cozinha = $2,95 \times 1,40 + 1,45 \times 2,80 + 1,20 \times 2,80 + 0,80 \times 2,80 + (2,95 - 1,20) \times 2,80 + 1,45 \times 1,40 = 20,72 \text{ m}^2$
Área total de azulejo = $26,04 + 20,72 = 46,76 \text{ m}^2$.
Área de emboço = $46,76 \text{ m}^2$

Para um total de $46,76 \text{ m}^2$ e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, adequados pela página 354, tem-se: 40,190 h de pedreiro; 56,790 h de servente; $0,874412 \text{ m}^3$ de areia; 454,5072 kg de cimento.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 96,980 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = $96,980 \text{ h} \times 125 \text{ kcal/h} \times 4186 \text{ J/kcal} = 5,07 \times 10^7 \text{ J}$.

Areia = m^3 de material x densidade = $1,01 \times 10^3 \text{ kg}$.

Cimento = $4,55 \times 10^2 \text{ kg}$.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $96,980 \times 0,012 = 1,16 \text{ m}^3$.

Serviço 4 – etapa 6 – Chapisco (TCPO – pg. 337 – item 09705.8.12.4.)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviço 5 – etapa 6 – Emboço (TCPO – pg. 322 – item 09705.8.2.16.)

Considerado que o Reboco é a massa única.

Considerado que o Reboco é executado em todas as paredes onde não há emboço.

Área de Reboco = Área de chapisco - Área Emboço = $234,14 - 46,76 = 187,38 \text{ m}^2$.

Para um total de $187,38 \text{ m}^2$ e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, adequados pela página 354, tem-se: 193,264 h de oficial; 260,083 h de servente; $4,572072 \text{ m}^3$ de areia; 1367,874kg cimento.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = soma das horas trabalhadas de servente e oficial = 453,347 horas. Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = $453,347 \text{ h} \times 125 \text{ kcal/h} \times 4186 \text{ J/kcal} = 2,37 \times 10^8 \text{ J}$.

Areia = m^3 de material x densidade = $5,26 \times 10^3 \text{ kg}$.

Cimento = $1,37 \times 10^3 \text{ kg}$.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $5,44 \text{ m}^3$.

Serviços pertencentes a etapa 6 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.10.7.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = $58,33\text{m}^2 \times (1,49 \times 10^7 \text{ J/m}^2) \times 0,89 \times (120/365 \text{ dias de construção}) = 2,54 \times 10^8 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,54 \times 10^7 \text{ J}$.

- Energia elétrica = Estimando $9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2$, tem-se um consumo de = $58,33 \text{ m}^2 \times 9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2 \times 4186 \text{ J/kcal} = 2,23 \times 10^9 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,23 \times 10^8 \text{ J}$.

Etapa 7 – Esquadrias

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Etapa 8 – Revestimento Fino e Acabamentos

A etapa 8 possui 7 serviços. O total dos recursos é a soma dos serviços 1 à 7. A tabela B.11.8. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.11.8. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 8 da casa padrão com produtividade MO mínima.

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos para esta etapa	Serviços						
			Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4	Serviço 5	Serviço 6	Serviço 7
Água	m ³	1,47E+01	1,72E+00	3,82E-01	5,15E+00	2,36E-01	4,48E+00	2,93E-01	2,92E-01
Areia	kg	3,11E+03	0,00E+00	0,00E+00	2,05E+03	5,90E+01	1,01E+03	0,00E+00	0,00E+00
Cal	kg	2,84E+02	0,00E+00	0,00E+00	1,06E+02	7,66E+00	1,70E+02	0,00E+00	0,00E+00
Cerâmica Esmaltada	kg	1,09E+03	0,00E+00	0,00E+00	6,82E+02	4,55E+01	3,65E+02	0,00E+00	0,00E+00
Cimento / Fibrocimento	kg	7,48E+02	0,00E+00	0,00E+00	5,02E+02	7,66E+00	1,82E+02	3,31E+01	2,34E+01
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00						
Mão de obra	J	6,40E+08	7,51E+07	1,67E+07	2,24E+08	1,03E+08	1,96E+08	1,28E+07	1,27E+07
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00						
Tinta	kg	8,70E+01	7,77E+01	9,26E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela B.11.8. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma dos serviços 1 a 7 – colunas 4 à 10); Coluna 4 – Serviço 1; Coluna 5 – Serviço 2; Coluna 6 – Serviço 3; Coluna 7 – Serviço 4; Coluna 8 – Serviço 5; Coluna 9 – Serviços 6; Coluna 10 – Serviço 7.

Serviço 1 – etapa 8 – Pintura PVA de paredes internas e externa (TCPO – pg.292 – item 09115.8.12.1)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviço 2 – etapa 8 – Pintura com tinta esmalte (TCPO – pg.293 – item 09115.8.9.12)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviço 3 – etapa 8 – Piso cerâmico (TCPO – pg.305 – item 09606.8.2.1.)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviço 4 – etapa 8 – Rodapé cerâmico (TCPO – pg.307 – item 09606.8.4.1.)

Perímetro necessário de rodapé = 3,05 + 3,08 + 3,05 + 3,08 + 3,35 + 1,45 + 0,80 + 1,45 + 0,80 + 1,70 + 3,35 + 2,95 + 1,20 + 3,62 + 3,62 + 2,95 + 3,62 + 3,62 + 1,20 + 1,10 + 3,55 = 52,59 m.

Para um total de 52,59m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, adequados pela página 352, tem-se: 143,045 h de ladrilhista; 53,302 h servente; 0,05132784 m³ de areia; 7,657104 kg de cal hidratada; 7,657104 kg de cimento; 57,849 m de rodapé cerâmico.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 1,03x10⁸ J.

Areia = m³ de material x densidade = 5,90x10¹kg.

Cal = 7,66 kg.

Cimento = 7,66 kg.

Cerâmica Esmaltada = (comprimento de cerâmica x largura da cerâmica x massa por m²) = 57,849x0,08x9,83 = 4,55x10¹kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 2,36 m³.

Serviço 5 – etapa 8 – Azulejo (TCPO – pg.338 – item 09706.8.1.4.)

Área de azulejo no sanitário = 1,70 x 2,80 x 2 + 2,95 x 2,80 x 2 = 26,04 m²

Área de azulejo na cozinha = 2,95 x 1,40 + 1,45 x 2,80 + 1,20 x 2,80 + 0,80 x 2,80 + (2,95 - 1,20) x 2,80 + 1,45 x 1,40 = 20,72 m²

Área total de azulejo = 26,04 + 20,72 = 46,76 m².

Para um total de 46,76m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, adequados pela página 352, tem-se: 315,256 h de azulejista; 58,462 h de servente; 0,874412 m³ de areia; 170,2064 kg cal hidratada; 11,69 kg de cimento branco; 170,2064 kg de cimento; 51,436 m² de azulejo cerâmico.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 1,96x10⁸ J.

Areia = m³ de material x densidade = 1,01x10³kg.

Cal = 1,70x10² kg.

Cimento = 1,82x10² kg.

Cerâmica Esmaltada = (área de cerâmica x massa por m²) = 51,436x7,1 = 3,65x10²kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 4,48 m³.

Serviço 6 – etapa 8 – Rejunte para piso (TCPO – pg.306 – item 09606.8.3.1.)

Área de rejunte para piso = Área do piso + Área do rodapé
Área de rejunte = 58,33 + 52,59 x 0,08 (altura do rodapé) = 62,54m²

Para um total de 62,54m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, adequados pela página 352, tem-se: 24,39h de servente; 33,08366 kg de argamassa pré-fabricada.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 1,28x10⁷ J.

Cimento = considerando que toda a argamassa tem como material o cimento = 3,31x10⁴kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 2,93x10⁻¹ m³.

Serviço 7 – etapa 8 – Rejunte para azulejo (TCPO – pg.341 – item 09706.8.5.2)

Área de rejunte = Área de azulejo = 46,76m².

Para um total de 46,76m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, adequados pela página 352, tem-se: 11,69 h de azulejista; 12,6252 h de servente; 23,38 kg de argamassa pré-fabricada.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 1,27x10⁷ J.

Cimento = considerando que toda a argamassa tem como material o cimento = 2,34x10⁴kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 2,92x10⁻¹ m³.

Serviços pertencentes a etapa 8 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.11.8.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = 58,33m² x (1,49x10⁷ J/m²) x 0,89 x (120/365 dias de construção) = 2,54x10⁸ J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = 2,54x10⁷ J.

- Energia elétrica = Estimando 9,13x10³kcal/m², tem-se um consumo de = 58,33 m² x 9,13x10³ kcal/m² x 4186 J/kcal = 2,23x10⁹J. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = 2,23x10⁸.

Etapa 9 – Instalações Hidráulicas

A etapa 9 possui 8 serviços. O total dos recursos é a soma dos serviços 1 à 8. A tabela B.11.9. apresenta o resumo dos recursos empregados nestes serviços desta etapa.

Tabela B.11.9. – Quantidade dos recursos, por serviço, empregados para a Etapa 9 da casa padrão com produtividade de MO mínima.

Recurso	Un.	Quantidade Total dos recursos para esta etapa	Serviço							
			Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4	Serviço 5	Serviço 6	Serviço 7	Serviço 8
Água	m ³	2,52E+00	6,11E-01	5,86E-01	3,53E-01	3,20E-01	1,86E-01	2,04E-01	1,26E-01	1,37E-01
Areia	kg	5,23E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,38E+01	2,85E+01	0,00E+00
Cal	kg	6,78E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,09E+00	3,70E+00	0,00E+00
Cimento / Fibrocimento	kg	6,39E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,91E+00	3,48E+00	0,00E+00
Cobre	kg	2,82E+00	0,00E+00	2,82E+00						
Energia elétrica	J	2,23E+08	0,00E+00							
Mão de obra	J	1,10E+08	2,66E+07	2,56E+07	1,54E+07	1,40E+07	8,10E+06	8,90E+06	5,47E+06	5,97E+06
Plástico	kg	8,40E-03	0,00E+00	8,40E-03						
PVC	kg	5,88E+01	2,22E+01	2,26E+01	1,40E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energia Solar	J	2,54E+07	0,00E+00							
Tinta	kg	3,97E-01	8,06E-02	1,95E-01	1,21E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Tabela B.11.9. Coluna 1 – Recurso, material, serviço, ou trabalho utilizado para análise em emergia; Coluna 2 – Unidade do levantamento executado nos serviços da etapa; Coluna 3 – Quantidade encontrada para cada recursos (soma dos serviços 1 a 7 – colunas 4 à 10); Coluna 4 – Serviço 1; Coluna 5 – Serviço 2; Coluna 6 – Serviço 3; Coluna 7 – Serviço 4; Coluna 8 – Serviço 5; Coluna 9 – Serviços 6; Coluna 10 – Serviço 7; Coluna 11 – Serviço 8.

Serviço 1 – etapa 9 – Água Fria (TCPO – pg.408 – item 15142.8.22.3).

Estimativa de comprimento necessário

Banheiro = 13m

Cozinha = 9,2m

Área de serviço = 7m

Área externa e chegada até a caixa d'água = 19,28m

Total = Banheiro + cozinha + área de serviço + área externa e cx água = 48,48m.

Para um total de 46,76m² e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, adequados pela página 462, tem-se: 21,816 h de ajudante de encanador; 29,081 h de encanador; 0,02424 l de solução limpadora de PVC; 72,72 m de tubo soldável para PVC; 0,047 kg adesivo para tubo de PVC.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em emergia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = 2,66x10⁷ J.

Tinta = considerando que solução limpadora e adesivos para PVC são considerados tinta = adesivo para tubo de PVC + (volume de solução limpadora x 1,39kg por litro) = 8,06x10⁻²kg.

PVC = comprimento da tubulação x massa por m de tubulação = 72,72 x 0,305 = 2,22x10¹kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = 6,11x10⁻¹ m³.

Serviço 2 – etapa 9 – Tubulação de Esgoto (TCPO – pg.440 – item 15152.8.22.4) - Coeficientes da TCPO foram multiplicados pelos fatores que se seguem para considerar que já possuem as conexões (assim como na tubulação Marrom): Ajudante e encanador = 2,11; Tubulação de PVC = 1,29; Pasta lubrificante de PVC = 1,31.)

Estimativa de comprimento necessário

Banheiro = 3,5m

Cozinha = 4m

Área de serviço = 4m

Área externa = 7,84m

Total = Banheiro + cozinha + área de serviço + área externa = 19,34 m.

Para um total de 19,34m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, adequados pela página 462, tem-se: 21,219848 h de ajudante de encanador; 27,628 h de encanador; 6,3822 unidades de anel de borracha para esgoto; 0,19508258 kg de pasta lubrificante de PVC; 25,198086 m de tubo PVC branco para esgoto.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $2,56 \times 10^7$ J.

Tinta = considerando pastas lubrificantes são considerados tinta = $1,95 \times 10^{-1}$ kg

PVC = (comprimento da tubulação x massa por m de tubulação) + (unidades de anel de borracha x massa por unidade) = $(25,198086 \times 0,89) + (6,3822 \times 0,03) = 2,26 \times 10^1$ kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $5,86 \times 10^{-1}$ m³.

Serviço 3 – etapa 9 – Tubulações de Águas Pluviais (Adotando mesmos coeficientes do serviço 2 etapa 9)

Considerando 4 descidas (1 por canto da casa), temos 4 descidas de 3m = 12m.

Para um total de 12m e utilizando-se dos coeficientes da TCPO 13, adequados pela página 462, tem-se: 13,1664 h de ajudante de encanador; 16,289 h de encanador; 3,96 anéis de borracha para tubo de PVC; 0,121044 kg de pasta lubrificante para tubo de PVC; 15,6348 m tubo de PVC branco.

Adequando-se os consumos da TCPO para recursos utilizáveis na contabilidade ambiental em energia, tem-se:

Mão de Obra = Energia da mão de obra = horas trabalhadas x metabolismo humano x 4186J/kcal = horas trabalhadas x 125 kcal/h x 4186J/kcal = $1,54 \times 10^7$ J.

Tinta = considerando pastas lubrificantes são considerados tinta = $1,21 \times 10^{-1}$ kg

PVC = (comprimento da tubulação x massa por m de tubulação) + (unidades de anel de borracha x massa por unidade) = $1,40 \times 10^1$ kg.

Água = (soma das horas trabalhadas) x (coeficiente de consumo de água, vide anexo A) = $3,53 \times 10^{-1}$ m³.

Serviço 4 – etapa 9 – Rasgos em alvenaria para passagem de tubulação de Água Fria (TCPO – pg. 187 – item 04050.8.1.2.)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviço 5 – etapa 9 – Rasgos em alvenaria para passagem de tubulação de Esgoto (TCPO – pg. 187 – item 04050.8.1.2.)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviço 6 – etapa 9 – Fechamento de rasgos em Alvenarias para passagem de tubulação – Água Fria (TCPO – pg.188 – item 04050.8.2.2.)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviço 7 – etapa 9 – Fechamento de rasgos em Alvenarias para passagem de tubulação – Esgoto (TCPO – pg.188 – item 04050.8.2.2.)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviço 8 – etapa 9 – Registro de gaveta com canopla (TCPO – pg.378 – item 15110.8.1.13.)

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Serviços pertencentes a etapa 9 e não constantes em nenhuma numeração. Tais valores foram lançados direto na coluna 3 da tabela B.11.9.

- Energia Solar = Área da construção x Insolação média da cidade de São Paulo x (1-Albedo) x Tempo de construção = $58,33\text{m}^2 \times (1,49 \times 10^7 \text{ J/m}^2) \times 0,89 \times (120/365 \text{ dias de construção}) = 2,54 \times 10^8 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,54 \times 10^7 \text{ J}$.

- Energia elétrica = Estimando $9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2$, tem-se um consumo de = $58,33 \text{ m}^2 \times 9,13 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2 \times 4186 \text{ J/kcal} = 2,23 \times 10^9 \text{ J}$. Para cada etapa está sendo considerado 1/10 deste valor = $2,23 \times 10^8$.

Etapa 10 – Instalações Elétricas

As composições, tabelas, quantidades e demais cálculos são iguais aos realizados para a casa padrão, explanados no anexo B.1.

Anexo C – Cálculos para o Capítulo 5 - Expandindo as Discussões

Anexo C.1. – Cálculo das reservas naturais.

Reservas lavráveis disponíveis dos recursos Gipsita, Argila e Calcário.

Tabela C.1.1. – Cálculo em energia das reservas dos recursos Gipsita, Argila e Calcário disponíveis em 2006.

Recurso	Energia Específica (sej/kg) ⁽¹⁾	Massa da reserva (kg) ⁽²⁾	Energia total da reserva (sej) ⁽³⁾
Gipsita	3,29E+12	6,57E+11	2,16E+24
Argila	4,80E+12	3,79E+12	1,82E+25
Calcário	3,04E+12	4,35E+13	1,32E+26

Tabela C.1.1.(1) Energia específica do material, retirado do Anexo A deste trabalho. (2) Massa da reserva. Massa da reserva lavrável em kg retirada do Anuário Mineral Brasileiro 2006. (3) Produto da Energia Específica (coluna 2) pela massa da reserva (coluna 3).

Consumo das reservas de Gipsita, Argila e Calcário, para oito anos, tendo como base o consumo do ano de 2005.

Tabela C.1.2. – Cálculo em energia do consumo em 8 anos dos recursos Gipsita, Argila e Calcário disponíveis em 2006.

Recurso	Energia Específica (sej/kg) ⁽¹⁾	Massa consumida em 2005 (kg) ⁽²⁾	Energia consumida em 2005 (sej) ⁽³⁾	Energia consumida em 8 anos (sej) ⁽⁴⁾
Gipsita	3,29E+12	9,24E+08	3,04E+21	2,43E+22
Argila	4,80E+12	1,86E+10	8,93E+22	7,14E+23
Calcário	3,04E+12	2,18E+10	6,64E+22	5,31E+23

Tabela C.1.2.(1) Energia específica do material, retirado do Anexo A deste trabalho. (2) Massa bruta consumida no ano de 2005 dos recursos, retirada do Anuário Mineral Brasileiro 2006. (3) Produto da Energia Específica (coluna 2) pela massa anual consumida (coluna 3). (4) Energia consumida em 8 anos, considerando o consumo do ano de 2005. Produto da energia anual consumida (coluna 4) por oito anos.

Consumo das reservas de Gipsita, Argila e Calcário, na construção de 4,5 milhões de casas padrão.

Tabela C.1.3. – Cálculo em energia do consumo dos recursos Gipsita, Argila e Calcário para a construção de 4,5 milhões de casas padrão.

Recurso	Energia Específica (sej/kg) ⁽¹⁾	Massa consumida na construção de uma casa padrão (kg) ⁽²⁾	Energia consumida na construção de uma casa padrão (sej) ⁽³⁾	Energia consumida para construção de 4,5 milhões de casas padrão (sej) ⁽⁴⁾
Gipsita	3,29E+12	5,14E+02	1,69E+15	7,61E+21
Argila	4,80E+12	1,07E+04	5,14E+16	2,31E+23
Calcário	3,04E+12	6,32E+03	1,92E+16	8,65E+22

Tabela C.1.3.(1) Energia específica do material, retirado do Anexo A deste trabalho. (2) Massa consumida na construção de uma casa padrão, conforme calculado neste trabalho, Anexo B.1. O valor do cimento/fibrocimento é rateado da seguinte forma: 75% da massa em calcário; 20% em argila; 5% em gipsita (Magalhães, 2007) (3) Produto da Energia Específica (coluna 2) pela massa consumida na construção de uma casa (coluna 3). (4) Energia consumida na construção de 4,5 milhões de casas. Produto da energia consumida na fabricação de uma casa (coluna 4) por 4,5 milhões de unidades.

Comportamento das reservas de Gipsita, Argila e Calcário, após oito anos, com o consumo normal de outras atividades e o acréscimo da construção de 4,5 milhões de casas padrão.

Tabela C.1.4. – Cálculo em energia da reserva dos recursos Gipsita, Argila e Calcário após oito anos de consumo normal acrescido da construção de 4,5 milhões de casas padrão.

Recurso	Energia total da reserva (sej) ⁽¹⁾	Energia consumida em 8 anos (sej) ⁽²⁾	Energia consumida para 4,5 milhões de casas padrão (sej) ⁽³⁾	Energia total disponível após 8 anos (sej) ⁽⁴⁾
Gipsita	2,16E+24	2,43E+22	7,61E+21	2,13E+24
Argila	1,82E+25	7,14E+23	2,31E+23	1,72E+25
Calcário	1,32E+26	5,31E+23	8,65E+22	1,32E+26

Tabela C.1.4.(1) Energia total da reserva, calculada na tabela C.1.1 do Anexo C deste trabalho. (2) Energia consumida em 8 anos para os diversos setores de produção, conforme tabela C.1.2. do Anexo C deste trabalho. (3) Energia consumida para 4,5 milhões de casas padrão, conforme calculado na tabela C.1.3. do Anexo C deste trabalho. (4) Energia total disponível da reserva após 8 anos. Energia total disponível após 8 anos = (Energia total da reserva – coluna 2) – Energia consumida em 8 anos (coluna 3) – Energia consumida para construção de 4,5 milhões de casas padrão (coluna 5).

Tabela C.1.5. – Cálculo em energia do consumo dos recursos Gipsita, Argila e Calcário para a construção de 4,5 milhões de casas substituição 1.

Recurso	Energia Específica (sej/kg) ⁽¹⁾	Massa consumida na construção de uma casa substituição 1 (kg) ⁽²⁾	Energia consumida na construção de uma casa substituição 1 (sej) ⁽³⁾	Energia consumida para construção de 4,5 milhões de casas substituição 1 (sej) ⁽⁴⁾
Gipsita	3,29E+12	5,88E+02	1,93E+15	8,71E+21
Argila	4,80E+12	1,98E+03	9,51E+15	4,28E+23
Calcário	3,04E+12	7,43E+03	2,26E+16	1,02E+23

Tabela C.1.5.(1) Energia específica do material, retirado do Anexo A deste trabalho. (2) Massa consumida na construção de uma casa substituição 1, conforme calculado neste trabalho, Anexo B.2. O valor do cimento/fibrocimento é rateado da seguinte forma: 75% da massa em calcário; 20% em argila; 5% em gipsita (Magalhães, 2007) (3) Produto da Energia Específica (coluna 2) pela massa consumida na construção de uma casa (coluna 3). (4) Energia consumida na construção de 4,5 milhões de casas. Produto da energia consumida na fabricação de uma casa (coluna 4) por 4,5 milhões de unidades.

Comportamento das reservas de Gipsita, Argila e Calcário, após oito anos, com o consumo normal de outras atividades e o acréscimo da construção de 4,5 milhões de casas substituição 1.

Tabela C.1.6. – Cálculo em energia da reserva dos recursos Gipsita, Argila e Calcário após oito anos de consumo normal acrescido da construção de 4,5 milhões de casas substituição 1.

Recurso	Energia total da reserva (sej) ⁽¹⁾	Energia consumida em 8 anos (sej) ⁽²⁾	Energia consumida para 4,5 milhões de casas substituição 1 (sej) ⁽³⁾	Energia total disponível após 8 anos (sej) ⁽⁴⁾
Gipsita	2,16E+24	2,43E+22	8,71E+21	2,13E+24
Argila	1,82E+25	7,14E+23	4,28E+22	1,74E+25
Calcário	1,32E+26	5,31E+23	1,02E+23	1,31E+26

Tabela C.1.6.(1) Energia total da reserva, calculada na tabela C.1.1 do Anexo C deste trabalho. (2) Energia consumida em 8 anos para os diversos setores de produção, conforme tabela C.1.2. do Anexo C deste trabalho. (3) Energia consumida para 4,5 milhões de casas substituição 1, conforme calculado na tabela C.1.5. do Anexo C deste trabalho. (4) Energia total disponível da reserva após 8 anos. Energia total disponível após 8 anos = (Energia total da reserva – coluna 2) – Energia consumida em 8 anos (coluna 3) – Energia consumida para construção de 4,5 milhões de casas substituição 1 (coluna 5).

Tabela C.1.7. – Cálculo em energia do consumo dos recursos Gipsita, Argila e Calcário para a construção de 4,5 milhões de casas substituição 3.

Recurso	Energia Específica (sej/kg) ⁽¹⁾	Massa consumida na construção de uma casa substituição 3 (kg) ⁽²⁾	Energia consumida na construção de uma casa substituição 3 (sej) ⁽³⁾	Energia consumida para construção de 4,5 milhões de casas substituição 3 (sej) ⁽⁴⁾
Gipsita	3,29E+12	1,21E+04	3,99E+16	1,80E+23
Argila	4,80E+12	9,28E+02	4,45E+15	2,00E+22
Calcário	3,04E+12	4,64E+03	1,41E+16	6,35E+22

Tabela C.1.7.(1) Energia específica do material, retirado do Anexo A deste trabalho. (2) Massa consumida na construção de uma casa substituição 3, conforme calculado neste trabalho, Anexo B.4. O valor do cimento/fibrocimento é rateado da seguinte forma: 75% da massa em calcário; 20% em argila; 5% em gipsita (Magalhães, 2007) (3) Produto da Energia Específica (coluna 2) pela massa consumida na construção de uma casa (coluna 3). (4) Energia consumida na construção de 4,5 milhões de casas. Produto da energia consumida na fabricação de uma casa (coluna 4) por 4,5 milhões de unidades.

Comportamento das reservas de Gipsita, Argila e Calcário, após oito anos, com o consumo normal de outras atividades e o acréscimo da construção de 4,5 milhões de casas substituição 1.

Tabela C.1.8. – Cálculo em energia da reserva dos recursos Gipsita, Argila e Calcário após oito anos de consumo normal acrescido da construção de 4,5 milhões de casas substituição 3.

Recurso	Energia total da reserva (sej) ⁽¹⁾	Energia consumida em 8 anos (sej) ⁽²⁾	Energia consumida para 4,5 milhões de casas substituição 3 (sej) ⁽³⁾	Energia total disponível após 8 anos (sej) ⁽⁴⁾
Gipsita	2,16E+24	2,43E+22	1,80E+23	1,96E+24
Argila	1,82E+25	7,14E+23	2,00E+22	1,75E+25
Calcário	1,32E+26	5,31E+23	6,35E+22	1,32E+26

Tabela C.1.8.(1) Energia total da reserva, calculada na tabela C.1.1 do Anexo C deste trabalho. (2) Energia consumida em 8 anos para os diversos setores de produção, conforme tabela C.1.2. do Anexo C deste trabalho. (3) Energia consumida para 4,5 milhões de casas substituição 3, conforme calculado na tabela C.1.7. do Anexo C deste trabalho. (4) Energia total disponível da reserva após 8 anos. Energia total disponível após 8 anos = (Energia total da reserva – coluna 2) – Energia consumida em 8 anos (coluna 3) – Energia consumida para construção de 4,5 milhões de casas substituição 3 (coluna 5).

Anexo C.2. – Cálculo das Casas Padrão ABNT NBR 12721:2006

A tabela C.2.1. apresenta os coeficientes para os projetos padrão R1-B, R8-B, R1-N, R8-N da NBR 12721:2006. Estes valores são para cada m² de construção.

Tabela C.2.1. Coeficientes por m² para cada recursos utilizados nos quatro projetos padrão estudados neste trabalho.

Item	Recursos	Unidade	Valor por m ² para projeto R-1B	Valor por m ² para projeto R-8B	Valor por m ² para projeto R-1N	Valor por m ² para projeto R-8N
1	Chapa compensado plastificado 18mm 2,20mx1,10 m	m ²	1,41157	0,71660	1,77034	1,30138
2	Aço CA-50 diam 10 mm	kg	14,09270	23,44967	12,71468	21,90724
3	Concreto fck 25 mpa	m ³	0,23106	0,27877	0,15752	0,22751
4	Cimento	kg	56,40629	52,84058	91,21954	65,42524
5	Brita 02	m ³	-	-	0,07256	0,02887
6	Areia média	un.	0,17270	0,16068	0,29290	0,20571
7	Bloco cerâmico para vedação	un.	58,58002	53,97221	85,94536	62,26067
8	Bloco de concreto sem função estrutural 19x19x39	un.	-	0,93550	-	0,80399
9	Telha de fibrocimento ondulada	m ²	2,85903	0,22574	2,10228	0,12428
10	Porta interna semi oca 0,60 x 2,10	un.	0,11291	0,10080	0,22341	0,15533
11	Esquadrias de correr	un.	-	-	0,09457	0,08054
12	Janela de correr tamanho 1,20x1,20 em 2 folhas, perfil de chapa de ferro dobrada	m ²	0,23982	0,31393	0,01171	0,04225
13	Fechadura para porta interna em ferro	un.	0,11669	0,08622	0,11696	0,04747
14	Placa cerâmica de azulejo	m ²	1,88686	1,70169	3,46560	2,19344
15	Bancada de pia de mármore branco	un.	0,00706	0,00724	0,03095	0,01738
16	Placa de gesso liso	m ²	2,47234	2,52418	-	0,26781
17	Vidro liso transparente colocado com massa	m ²	0,13193	0,15802	0,09062	0,09854
18	Tinta látex pva	l	1,94176	2,19968	2,26706	2,08746
19	Emulsão asfáltica	kg	1,23358	1,57181	1,57181	1,73252
20	Fio de cobre antichama	m	15,59092	28,43728	21,55887	25,94777
21	Disjuntor tripolar	un.	0,08461	0,38512	0,12142	0,18984
22	Bacia sanitária	un.	0,05692	0,03327	0,08250	0,04182
23	Registro de pressão cromado	un.	0,18566	0,26074	0,33226	0,19220
24	Tubo de ferro galvanizado	m	0,01008	0,18201	0,00811	0,12564
25	Tubo de PVC-R esgoto rígido reforçado diâmetro 150mm	m	0,52341	0,52901	0,66394	0,52955
26	Pedreiro	h	26,43730	20,52421	31,44957	24,76148
27	Servente	h	9,72351	8,19719	20,75851	16,82881

28	Engenheiro	h	1,65363	0,39563	1,55264	0,85895
29	Locação de betoneira	dia	0,27771	0,28156	0,01955	0,37712

Os recursos da NBR 12721 não possuem unidade de transformação direta para que seja utilizada as emergias por unidade da metodologia em emergia. Dessa forma, alguns coeficientes desenvolvidos no cálculo das casas do anexo B e de dados comerciais referenciados no Anexo A, é possível a conversão destes recursos conforme tabela C.2.2.

As quantidades e unidades da ABNT são convertidas para os recursos e unidades que possam ser calculados em emergia. O coeficiente proposto pela tabela C.2.2. sintetiza esta transformação.

Tabela C.2.2. Coeficientes da ABNT adequados para cálculo preliminar em emergia.

Item	Recursos ABNT	Quantidade ABNT (un.)	Unidade ABNT	Recursos	Unidade	Coeficiente (un.)
1	Chapa compensado plastificado 18mm 2,20mx1,10 m	1	m ²	Madeira	kg	4,029
2	Aço CA-50 diam 10 mm	1	kg	Aço	kg	1,000
3	Concreto fck 25 mpa	1	m ³	Concreto	kg	2.400,000
4	Cimento	1	kg	Cimento	kg	1,000
5	Brita 02	1	m ³	Pedra	kg	1.350,000
6	Areia média	1	un.	Areia	kg	1.150,000
7	Bloco cerâmico para vedação	1	un.	Argila	kg	3,000
8	Bloco de concreto sem função estrutural 19x19x39	1	un.	Cimento	kg	1,890
				Água	m ³	0,001
				Areia	kg	5,040
				Pedra	kg	5,040
9	Telha de fibrocimento ondulada	1	m ²	Cimento / Fibrocimento	kg	12,120
10	Porta interna semi oca 0,60 x 2,10	1	un.	Madeira	kg	9,866
11	Esquadrias de correr	1	un.	Alumínio	kg	8,500
12	Janela de correr tamanho 1,20x1,20 em 2 folhas, perfil de chapa de ferro dobrada	1	m ²	Ferro	kg	0,560
13	Fechadura para porta interna em ferro	1	un.	Aço	kg	0,540
14	Placa cerâmica de azulejo	1	m ²	Cerâmica Esmaltada	kg	7,100
15	Bancada de pia de marmore branco	1	un.	Pedra	kg	20,000
16	Placa de gesso liso	1	m ²	Gesso	kg	16,200
17	Vidro liso transparente colocado com massa	1	m ²	Vidro	kg	10,280
18	Tinta latex pva	1	l	Tinta	kg	1,400
19	Emulsão asfáltica	1	kg	Emulsão asfáltica	kg	1,000
20	Fio de cobre antichama	1	m	Cobre	kg	0,026
				PVC	kg	0,006

21	Disjuntor tripolar	1	un.	Plástico	kg	0,020
22	Bacia sanitária	1	un.	Cerâmica Esmaltada	kg	50,500
23	Registro de pressão cromado	1	un.	Cobre	kg	0,360
24	Tubo de ferro galvanizado	1	m	Ferro	kg	5,430
25	Tubo de pvc-R esgoto rígido reforçado diam 150mm	1	m	PVC	kg	2,800
26	Pedreiro	1	h	Energia	J	523.250,000
27	Servente	1	h	Energia	J	523.250,000
28	Engenheiro	1	h	Energia	J	523.250,000
29	Locação de betoneira	1	dia	Energia	J	0,128

De posse da tabela C.2.2. é possível obter a energia para cada projeto padrão, conforme apresentado nas tabelas C.2.3., C.2.4., C.2.5. e C.2.6.

Tabela C.2.3. Cálculo em energia para o projeto padrão R1-B da NBR 12721.

Item	Recursos ABNT	Quantidade (un./m ²)	Coefficiente de ajuste	Un.	Recursos	Quantidade (un.)	Energia por unidade (sej/un.)	Energia Total (sej)
1	Chapa compensado plastificado 18mm 2,20mx1,10 m	1,41157	4,029	kg	Madeira	3,33E+02	8,79E+11	2,93E+14
2	Aço CA-50 diam 10 mm	14,0927	1,000	kg	Aço	8,26E+02	6,97E+12	5,76E+15
3	Concreto fck 25 mpa	0,23106	2.400,000	kg	Concreto	3,25E+04	1,81E+12	5,89E+16
4	Cimento	56,40629	1,000	kg	Cimento	3,31E+03	3,04E+12	1,01E+16
6	Areia média	0,1727	1.150,000	kg	Areia	1,16E+04	1,68E+12	1,96E+16
7	Bloco cerâmico para vedação	58,58002	3,000	kg	Argila	1,03E+04	4,80E+12	4,95E+16
9	Telha de fibrocimento ondulada	2,85903	12,120	kg	Cimento / Fibrocimento	2,03E+03	3,04E+12	6,18E+15
10	Porta interna semi oca 0,60 x 2,10	0,11291	9,866	kg	Madeira	6,53E+01	8,79E+11	5,74E+13
12	Janela de correr tamanho 1,20x1,20 em 2 folhas, perfil de chapa de ferro dobrada	0,23982	0,560	kg	Ferro	7,88E+00	6,97E+12	5,49E+13
13	Fechadura para porta interna em ferro	0,11669	0,540	kg	Aço	3,70E+00	6,97E+12	2,58E+13
14	Placa cerâmica de azulejo	1,88686	7,100	kg	Cerâmica Esmaltada	7,86E+02	5,14E+12	4,04E+15
15	Bancada de pia de marmore branco	0,00706	20,000	kg	Pedra	8,28E+00	1,68E+12	1,39E+13
16	Placa de gesso liso	2,47234	16,200	kg	Gesso	2,35E+03	3,29E+12	7,73E+15

17	Vidro liso transparente colocado com massa	0,13193	10,280	kg	Vidro	7,95E+01	1,41E+12	1,12E+14
18	Tinta latex pva	1,94176	1,400	kg	Tinta	1,59E+02	2,55E+13	4,06E+15
19	Emulsão asfáltica	1,23358	1,000	kg	Emulsão asfáltica	7,23E+01	2,55E+13	1,84E+15
20	Fio de cobre antichama	15,59092	0,026	kg	Cobre	2,34E+01	1,04E+14	2,43E+15
			0,006	kg	PVC	5,85E+00	9,86E+12	5,77E+13
21	Disjuntor tripolar	0,08461	0,020	kg	Plástico	9,92E-02	5,75E+12	5,71E+11
22	Bacia sanitária	0,05692	50,500	kg	Cerâmica Esmaltada	1,69E+02	5,14E+12	8,66E+14
23	Registro de pressão cromado	0,18566	0,360	kg	Cobre	3,92E+00	1,04E+14	4,08E+14
24	Tubo de ferro galvanizado	0,01008	5,430	kg	Ferro	3,21E+00	6,97E+12	2,24E+13
25	Tubo de pvc-R esgoto rígido reforçado diam 150mm	0,52341	2,800	kg	PVC	8,59E+01	9,86E+12	8,47E+14
26	Pedreiro	26,4373	523.250,000	J	Energia	8,11E+08	1,24E+07	1,01E+16
27	Servente	9,72351	523.250,000	J	Energia	2,98E+08	1,24E+07	3,70E+15
28	Engenheiro	1,65363	523.250,000	J	Energia	5,07E+07	1,24E+07	6,29E+14
29	Locação de betoneira	0,27771	0,128	J	Aço	2,08E+00	6,97E+12	1,45E+13
Total								1,85E+17

Tabela C.2.3. A 1ª coluna representa a numeração dos itens/recursos empregados pela ABNT. A coluna 2 apresenta a descrição do recurso conforme NBR 12721. A 3ª coluna possui os coeficientes utilizados na NBR 12721 para cada projeto padrão. A 4ª coluna possui o coeficiente de transformação do recurso utilizado na NBR para a forma como estes recursos foram utilizados neste estudo. Por exemplo: 1 m² de chapa de maderit plastificado 18mm possui 4,029kg de madeira, etc. Estes coeficientes são apresentados na tabela C.2.2. A 5ª coluna possui a nova unidade de trabalho dos recursos empregados. A 6ª coluna possui o novo nome do recurso utilizado, já da forma como este trabalho faz os cálculos em emergia. A coluna 7 possui o produto das quantidades por m² da NBR (coluna 3) pelo coeficiente de ajuste (coluna 4) pela área do projeto padrão, que neste caso é 58,64m². A 8ª coluna possui a emergia por unidade (vide anexo A). A coluna 9 possui o valor em emergia para cada produto, cujo valor é proveniente da multiplicação das colunas 7 e 8.

Tabela C.2.4. Cálculo em emergia para o projeto padrão R8-B da NBR 12721.

Item	Recursos ABNT	Quantidade (un./m ²)	Coefficiente de ajuste	Un.	Recursos	Quantidade (un.)	Emergia por unidade (sej/un.)	Emergia Total (sej)
1	Chapa compensado plastificado 18mm 2,20mx1,10 m	0,7166	4,029	kg	Madeira	8,09E+03	8,79E+11	7,11E+15

2	Aço CA-50 diam 10 mm	23,44967	1,000	kg	Aço	6,57E+04	6,97E+12	4,58E+17
3	Concreto fck 25 MPA	0,27877	2.400,000	kg	Concreto	1,87E+06	1,81E+12	3,39E+18
4	Cimento	52,84058	1,000	kg	Cimento	1,48E+05	3,04E+12	4,50E+17
6	Areia média	0,16068	1.150,000	kg	Areia	5,18E+05	1,68E+12	8,70E+17
7	Bloco cerâmico para vedação	53,97221	3,000	kg	Argila	4,54E+05	4,80E+12	2,18E+18
8	Bloco de concreto sem função estrutural 19x19x39	0,9355	1,890	kg	Cimento	4,95E+03	3,04E+12	1,51E+16
			0,001	m ³	Água	1,65E+00	7,75E+11	1,28E+12
			5,040	kg	Areia	1,32E+04	1,68E+12	2,22E+16
			5,040	kg	Pedra	1,32E+04	1,68E+12	2,22E+16
9	Telha de fibrocimento ondulada	0,22574	12,120	kg	Cimento / Fibrocimento	7,67E+03	3,04E+12	2,33E+16
10	Porta interna semi oca 0,60 x 2,10	0,1008	9,866	kg	Madeira	2,79E+03	8,79E+11	2,45E+15
12	Janela de correr tamanho 1,20x1,20 em 2 folhas, perfil de chapa de ferro dobrada	0,31393	0,560	kg	Ferro	4,93E+02	6,97E+12	3,43E+15
13	Fechadura para porta interna em ferro	0,08622	0,540	kg	Aço	1,30E+02	6,97E+12	9,09E+14
14	Placa cerâmica de azulejo	1,70169	7,100	kg	Cerâmica Esmaltada	3,38E+04	5,14E+12	1,74E+17
15	Bancada de pia de marmore branco	0,00724	20,000	kg	Pedra	4,06E+02	1,68E+12	6,82E+14
16	Placa de gesso liso	2,52418	16,200	kg	Gesso	1,15E+05	3,29E+12	3,77E+17
17	Vidro liso transparente colocado com massa	0,15802	10,280	kg	Vidro	4,55E+03	1,41E+12	6,42E+15
18	Tinta latex pva	2,19968	1,400	kg	Tinta	8,63E+03	2,55E+13	2,20E+17
19	Emulsão asfáltica	1,57181	1,000	kg	Emulsão asfáltica	4,40E+03	2,55E+13	1,12E+17
20	Fio de cobre antichama	28,43728	0,026	kg	Cobre	2,04E+03	1,04E+14	2,12E+17
			0,006	kg	PVC	5,10E+02	9,86E+12	5,03E+15
21	Disjuntor tripolar	0,38512	0,020	kg	Plástico	2,16E+01	5,75E+12	1,24E+14

22	Bacia sanitária	0,03327	50,500	kg	Cerâmica Esmaltada	4,71E+03	5,14E+12	2,42E+16
23	Registro de pressão cromado	0,26074	0,360	kg	Cobre	2,63E+02	1,04E+14	2,73E+16
24	Tubo de ferro galvanizado	0,18201	5,430	kg	Ferro	2,77E+03	6,97E+12	1,93E+16
25	Tubo de pvc-R esgoto rígido reforçado diam 150mm	0,52901	2,800	kg	PVC	4,15E+03	9,86E+12	4,09E+16
26	Pedreiro	20,52421	523.250,000	J	Energia	3,01E+10	1,24E+07	3,73E+17
27	Servente	8,19719	523.250,000	J	Energia	1,20E+10	1,24E+07	1,49E+17
28	Engenheiro	0,39563	523.250,000	J	Energia	5,80E+08	1,24E+07	7,19E+15
29	Locação de betoneira	0,28156	0,128	J	Aço	1,01E+02	6,97E+12	7,04E+14
Total								8,98E+18

Tabela C.2.4. A 1ª coluna representa a numeração dos itens/recursos empregados pela ABNT. A coluna 2 apresenta a descrição do recurso conforme NBR 12721. A 3ª coluna possui os coeficientes utilizados na NBR 12721 para cada projeto padrão. A 4ª coluna possui o coeficiente de transformação do recurso utilizado na NBR para a forma como estes recursos foram utilizados neste estudo. Por exemplo: 1 m² de chapa de maderit plastificado 18mm possui 4,029kg de madeira, etc. Estes coeficientes são apresentados na tabela C.2.2. A 5ª coluna possui a nova unidade de trabalho dos recursos empregados. A 6ª coluna possui o novo nome do recurso utilizado, já da forma como este trabalho faz os cálculos em energia. A coluna 7 possui o produto das quantidades por m² da NBR (coluna 3) pelo coeficiente de ajuste (coluna 4) pela área do projeto padrão, que neste caso é 2801,64m². A 8ª coluna possui a energia por unidade (vide anexo A). A coluna 9 possui o valor em energia para cada produto, cujo valor é proveniente da multiplicação das colunas 7 e 8.

Tabela C.2.5. Cálculo em energia para o projeto padrão R1-N da NBR 12721.

Item	Recursos ABNT	Quantidade (un./m ²)	Coeficiente de ajuste	Un.	Recursos	Quantidade (un.)	Energia por unidade (sej/un.)	Energia Total (sej)
1	Chapa compensado plastificado 18mm 2,20m x 1,10 m	1,77034	4,029	kg	Madeira	7,59E+02	8,79E+11	6,67E+14
2	Aço CA-50 diam 10 mm	12,71468	1,000	kg	Aço	1,35E+03	6,97E+12	9,43E+15
3	Concreto fck 25 MPA	0,15752	2.400,000	kg	Concreto	4,02E+04	1,81E+12	7,28E+16
4	Cimento	91,21954	1,000	kg	Cimento	9,71E+03	3,04E+12	2,95E+16
5	Brita 02	0,07256	1.350,000	kg	Pedra	1,04E+04	1,68E+12	1,75E+16
6	Areia média	0,2929	1.150,000	kg	Areia	3,59E+04	1,68E+12	6,02E+16

7	Bloco cerâmico para vedação	85,94536	3,000	kg	Argila	2,74E+04	4,80E+12	1,32E+17
9	Telha de fibrocimento ondulada	2,10228	12,120	kg	Cimento / Fibrocimento	2,71E+03	3,04E+12	8,24E+15
10	Porta interna semi oca 0,60 x 2,10	0,22341	9,866	kg	Madeira	2,35E+02	8,79E+11	2,06E+14
11	Esquadrias de correr	0,09457	8,500	kg	Alumínio	8,56E+01	2,13E+13	1,82E+15
12	Janela de correr tamanho 1,20x1,20 em 2 folhas, perfil de chapa de ferro dobrada	0,01171	0,560	kg	Ferro	6,98E-01	6,97E+12	4,86E+12
13	Fechadura para porta interna em ferro	0,11696	0,540	kg	Aço	6,72E+00	6,97E+12	4,69E+13
14	Placa cerâmica de azulejo	3,4656	7,100	kg	Cerâmica Esmaltada	2,62E+03	5,14E+12	1,35E+16
15	Bancada de pia de mármore branco	0,03095	20,000	kg	Pedra	6,59E+01	1,68E+12	1,11E+14
17	Vidro liso transparente colocado com massa	0,09062	10,280	kg	Vidro	9,92E+01	1,41E+12	1,40E+14
18	Tinta látex pva	2,26706	1,400	kg	Tinta	3,38E+02	2,55E+13	8,61E+15
19	Emulsão asfáltica	1,57181	1,000	kg	Emulsão asfáltica	1,67E+02	2,55E+13	4,27E+15
20	Fio de cobre antichama	21,55887	0,026	kg	Cobre	5,87E+01	1,04E+14	6,11E+15
			0,006	kg	PVC	1,47E+01	9,86E+12	1,45E+14
21	Disjuntor tripolar	0,12142	0,020	kg	Plástico	2,58E-01	5,75E+12	1,49E+12
22	Bacia sanitária	0,0825	50,500	kg	Cerâmica Esmaltada	4,43E+02	5,14E+12	2,28E+15
23	Registro de pressão cromado	0,33226	0,360	kg	Cobre	1,27E+01	1,04E+14	1,32E+15
24	Tubo de ferro galvanizado	0,00811	5,430	kg	Ferro	4,69E+00	6,97E+12	3,27E+13
25	Tubo de pvc-R esgoto rígido reforçado diam 150mm	0,66394	2,800	kg	PVC	1,98E+02	9,86E+12	1,95E+15
26	Pedreiro	31,44957	523.250,000	J	Energia	1,75E+09	1,24E+07	2,17E+16
27	Servente	20,75851	523.250,000	J	Energia	1,16E+09	1,24E+07	1,43E+16
28	Engenheiro	1,55264	523.250,000	J	Energia	8,65E+07	1,24E+07	1,07E+15
29	Locação de betoneira	0,01955	0,128	J	Aço	2,66E-01	6,97E+12	1,86E+12
Total								3,84E+17

Tabela C.2.5. A 1ª coluna representa a numeração dos itens/recursos empregados pela ABNT. A coluna 2 apresenta a descrição do recurso conforme NBR 12721. A 3ª coluna possui os coeficientes utilizados na NBR 12721 para cada projeto padrão. A 4ª coluna possui o coeficiente de transformação do recurso utilizado na NBR para a forma como estes recursos foram utilizados neste estudo. Por exemplo: 1 m² de chapa de maderit plastificado 18mm possui 4,029kg de madeira, etc. Estes coeficientes são apresentados na tabela C.2.2. A 5ª coluna possui a nova unidade de trabalho dos recursos empregados. A 6ª coluna possui o novo

nome do recurso utilizado, já da forma como este trabalho faz os cálculos em emergia. A coluna 7 possui o produto das quantidades por m² da NBR (coluna 3) pelo coeficiente de ajuste (coluna 4) pela área do projeto padrão, que neste caso é 106,44m². A 8ª coluna possui a emergia por unidade (vide anexo A). A coluna 9 possui o valor em emergia para cada produto, cujo valor é proveniente da multiplicação das colunas 7 e 8.

Tabela C.2.6. Cálculo em emergia para o projeto padrão R8-N da NBR 12721.

Item	Recursos ABNT	Quantidade (un./m ²)	Coeficiente de ajuste	Un.	Recursos	Quantidade (un.)	Emergia por unidade (sej/un.)	Emergia Total (sej)
1	Chapa compensado plastificado 18mm 2,20mx1,10 m	1,30138	4,029	kg	Madeira	3,15E+04	8,79E+11	2,76E+16
2	Aço CA-50 diam 10 mm	21,90724	1,000	kg	Aço	1,31E+05	6,97E+12	9,16E+17
3	Concreto fck 25 MPA	0,22751	2.400,000	kg	Concreto	3,28E+06	1,81E+12	5,93E+18
4	Cimento	65,42524	1,000	kg	Cimento	3,92E+05	3,04E+12	1,19E+18
5	Brita 02	0,02887	1.350,000	kg	Pedra	2,34E+05	1,68E+12	3,93E+17
6	Areia média	0,20571	1.150,000	kg	Areia	1,42E+06	1,68E+12	2,38E+18
7	Bloco cerâmico para vedação	62,26067	3,000	kg	Argila	1,12E+06	4,80E+12	5,38E+18
8	Bloco de concreto sem função estrutural 19x19x39	0,80399	1,890	kg	Cimento	9,12E+03	3,04E+12	2,77E+16
			0,001	m ³	Água	3,04E+00	7,75E+11	2,35E+12
			5,040	kg	Areia	2,43E+04	1,68E+12	4,08E+16
			5,040	kg	Pedra	2,43E+04	1,68E+12	4,08E+16
9	Telha de fibrocimento ondulada	0,12428	12,120	kg	Cimento / Fibrocimento	9,04E+03	3,04E+12	2,75E+16
10	Porta interna semi oca 0,60 x 2,10	0,15533	9,866	kg	Madeira	9,19E+03	8,79E+11	8,08E+15
11	Esquadrias de correr	0,08054	8,500	kg	Alumínio	4,11E+03	2,13E+13	8,75E+16
12	Janela de correr tamanho 1,20x1,20 em 2 folhas, perfil de chapa de ferro dobrada	0,04225	0,560	kg	Ferro	1,42E+02	6,97E+12	9,89E+14
13	Fechadura para porta interna em ferro	0,04747	0,540	kg	Aço	1,54E+02	6,97E+12	1,07E+15
14	Placa cerâmica de azulejo	2,19344	7,100	kg	Cerâmica Esmaltada	9,34E+04	5,14E+12	4,80E+17
15	Bancada de pia de marmore branco	0,01738	20,000	kg	Pedra	2,09E+03	1,68E+12	3,50E+15
16	Placa de gesso liso	0,26781	16,200	kg	Gesso	2,60E+04	3,29E+12	8,56E+16
17	Vidro liso transparente colocado com massa	0,09854	10,280	kg	Vidro	6,08E+03	1,41E+12	8,57E+15

18	Tinta latex pva	2,08746	1,400	kg	Tinta	1,75E+04	2,55E+13	4,47E+17
19	Emulsão asfáltica	1,73252	1,000	kg	Emulsão asfáltica	1,04E+04	2,55E+13	2,65E+17
20	Fio de cobre antichama	25,94777	0,026	kg	Cobre	3,98E+03	1,04E+14	4,14E+17
			0,006	kg	PVC	9,96E+02	9,86E+12	9,82E+15
21	Disjuntor tripolar	0,18984	0,020	kg	Plástico	2,28E+01	5,75E+12	1,31E+14
22	Bacia sanitária	0,04182	50,500	kg	Cerâmica Esmaltada	1,27E+04	5,14E+12	6,51E+16
23	Registro de pressão cromado	0,1922	0,360	kg	Cobre	4,15E+02	1,04E+14	4,32E+16
24	Tubo de ferro galvanizado	0,12564	5,430	kg	Ferro	4,09E+03	6,97E+12	2,85E+16
25	Tubo de pvc-R esgoto rígido reforçado diam 150mm	0,52955	2,800	kg	PVC	8,89E+03	9,86E+12	8,77E+16
26	Pedreiro	24,76148	523.250,000	J	Energia	7,77E+10	1,24E+07	9,64E+17
27	Servente	16,82881	523.250,000	J	Energia	5,28E+10	1,24E+07	6,55E+17
28	Engenheiro	0,85895	523.250,000	J	Energia	2,70E+09	1,24E+07	3,34E+16
29	Locação de betoneira	0,37712	0,128	kg	Aço	2,90E+02	6,97E+12	2,02E+15
Total								1,92E+19

Tabela C.2.6. A 1ª coluna representa a numeração dos itens/recursos empregados pela ABNT. A coluna 2 apresenta a descrição do recurso conforme NBR 12721. A 3ª coluna possui os coeficientes utilizados na NBR 12721 para cada projeto padrão. A 4ª coluna possui o coeficiente de transformação do recurso utilizado na NBR para a forma como estes recursos foram utilizados neste estudo. Por exemplo: 1 m² de chapa de maderit plastificado 18mm possui 4,029kg de madeira, etc. Estes coeficientes são apresentados na tabela C.2.2. A 5ª coluna possui a nova unidade de trabalho dos recursos empregados. A 6ª coluna possui o novo nome do recurso utilizado, já da forma como este trabalho faz os cálculos em energia. A coluna 7 possui o produto das quantidades por m² da NBR (coluna 3) pelo coeficiente de ajuste (coluna 4) pela área do projeto padrão, que neste caso é 5998,73m². A 8ª coluna possui a energia por unidade (vide anexo A). A coluna 9 possui o valor em energia para cada produto, cujo valor é proveniente da multiplicação das colunas 7 e 8.

Anexo C.3. Cálculo dos indicadores

Cálculo de energia por m² de construção.

Casa padrão deste trabalho = energia total da construção da casa / área da casa = $(2,03 \times 10^{17}) / 58,33 = 3,48 \times 10^{15} \text{ sej/m}^2$.

Casa final deste trabalho = energia total da construção da casa / área da casa = $(1,45 \times 10^{17}) / 58,33 = 2,49 \times 10^{15} \text{ sej/m}^2$.

Projeto R1-B (NBR 12721) = energia total da construção / área da construção = $(1,85 \times 10^{17}) / 58,64 = 3,15 \times 10^{15} \text{ sej/m}^2$.

Projeto R8-B (NBR 12721) = energia total da construção / área da construção = $(8,98 \times 10^{18}) / 2801,64 = 3,21 \times 10^{15} \text{ sej/m}^2$.

Projeto R1-N (NBR 12721) = energia total da construção / área da construção = $(3,84 \times 10^{17}) / 106,44 = 3,61 \times 10^{15} \text{ sej/m}^2$.

Projeto R8-N (NBR 12721) = energia total da construção / área da construção = $(1,92 \times 10^{19}) / 5998,73 = 3,20 \times 10^{15} \text{ sej/m}^2$.

Pulselli et al, 2007 = energia total da construção do prédio / área total do prédio = $(1,07 \times 10^{19}) / 2700 = 3,96 \times 10^{15} \text{ sej/m}^2$.

Cálculo de energia por m² de construção.

Casa padrão deste trabalho = energia total da construção da casa / volume da casa = $(2,03 \times 10^{17}) / (58,33 \times 2,80) = 1,24 \times 10^{15} \text{ sej/m}^3$.

Casa final deste trabalho = energia total da construção da casa / área da casa = $(1,45 \times 10^{17}) / (58,33 \times 2,80) = 8,88 \times 10^{14} \text{ sej/m}^3$.

Cálculo de energia por m² de área urbana.

Casa padrão deste trabalho = energia total da construção da casa / área urbana = $(2,03 \times 10^{17}) / 97,53 = 2,08 \times 10^{15} \text{ sej/m}^2 \text{ AU}$.

Casa final deste trabalho = energia total da construção da casa / área da casa = $(1,45 \times 10^{17}) / 97,53 = 1,49 \times 10^{15} \text{ sej/m}^2 \text{ AU}$.

Projeto R1-B (NBR 12721) = energia total da construção / área da construção = $(1,85 \times 10^{17}) / 96,90 = 1,91 \times 10^{15} \text{ sej/m}^2 \text{ AU}$.

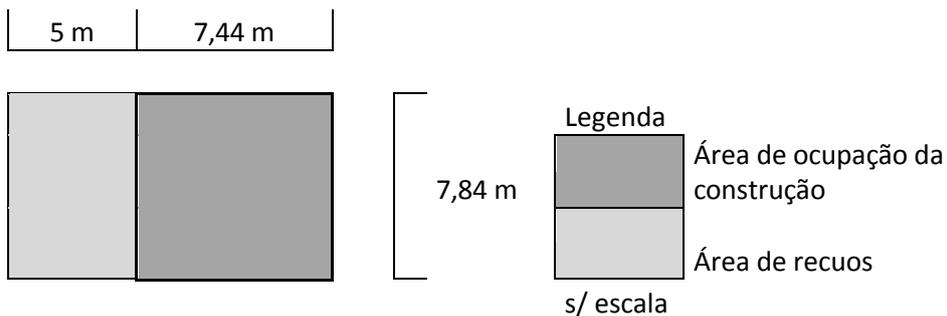
Projeto R8-B (NBR 12721) = energia total da construção / área da construção = $(8,98 \times 10^{18}) / 660,25 = 1,36 \times 10^{16} \text{ sej/m}^2 \text{ AU}$.

Projeto R1-N (NBR 12721) = energia total da construção / área da construção = $(3,84 \times 10^{17}) / 158,00 = 2,43 \times 10^{15} \text{ sej/m}^2 \text{ AU}$.

Projeto R8-N (NBR 12721) = energia total da construção / área da construção = $(1,92 \times 10^{19}) / 1075,83 = 1,78 \times 10^{16} \text{ sej/m}^2 \text{ AU}$.

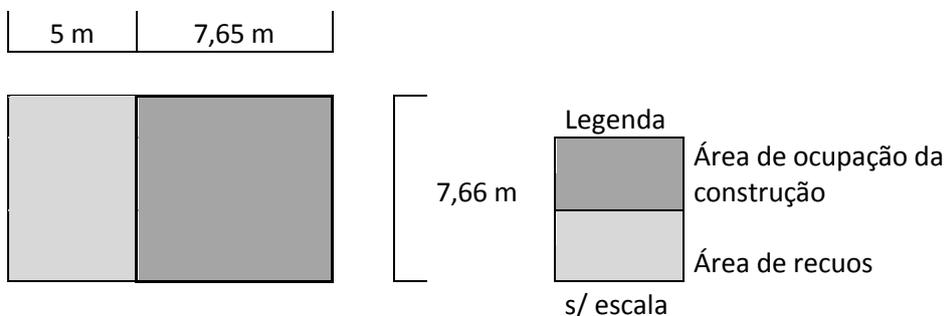
O cálculo da área urbana leva em consideração as regras impostas pela Lei Municipal 13.885 de 25 de agosto de 2004. Para este trabalho foi considerada a zona da Vila Mariana ZM02 de Baixa Densidade. Pela Lei 13.885 construções de até 6m devem possuir recuo frontal de 5m. Para construções acima de 6m existe uma fórmula do cálculo do recuo lateral e fundos. O recuo frontal permanece com 5m. Fórmula: $R = (H-6)/10$. Se R for menor que 3m, deve ser considerado 3m. Em todos os casos deste trabalho R foi menor que 3m, o que levou as representações a seguir.

Área da Casa Padrão e Casa Final: considerando que a área total de construção é de 58,33 m² e que a planta da casa é a adotada no anexo D (área mais escura), tem-se o desenho a seguir:



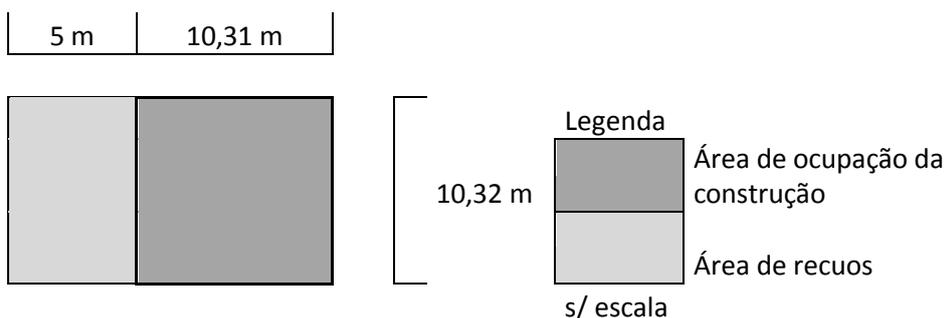
A área de ocupação do solo, segundo a representação anterior é de 97,53 m².

Área da edificação R-1B: considerando que a área total de construção é de 58,64 m² e que toda a edificação possui apenas o pavimento térreo (área mais escura), tem-se o desenho a seguir:



A área de ocupação do solo, segundo a representação anterior é de 96,90 m².

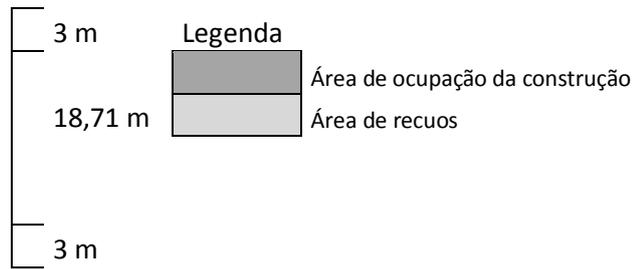
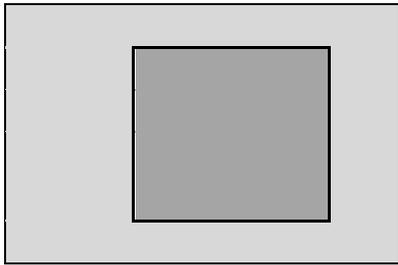
Área da edificação R-1N: considerando que a área total de construção é de 106,44 m² e que toda a edificação possui apenas o pavimento térreo (área mais escura), tem-se o desenho a seguir:



A área de ocupação do solo, segundo a representação anterior é de 158,00 m².

Área da edificação R-8B: considerando que a área total de construção é de 2801,64 m² e que toda a edificação possui 8 pavimentos de área igual (área mais escura), tem-se o desenho a seguir:

5 m	18,72 m	3 m
-----	---------	-----

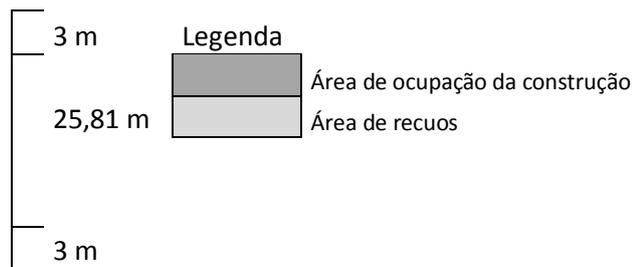
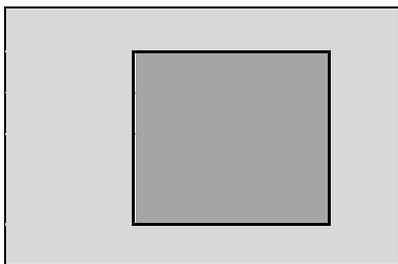


s/ escala

A área de ocupação do solo, segundo a representação anterior é de 660,25 m².

Área da edificação R8-N: considerando que a área total de construção é de 5983,73 m² e que toda a edificação possui 9 pavimentos de área igual (área mais escura), tem-se o desenho a seguir:

5 m	25,82 m	3 m
-----	---------	-----



s/ escala

A área de ocupação do solo, segundo a representação anterior é de 1075,83 m².

Não foram considerados outros coeficientes da Lei, como área permeável, outorga onerosa, entre outros, apenas o de recuos por área construída.

Energia por habitante.

Casa padrão deste trabalho = energia total da construção da casa / nº habitantes previsto para a edificação = $(2,03 \times 10^{17}) / 4 = 5,08 \times 10^{16}$ sej/hab.

Casa final deste trabalho = energia total da construção da casa / nº habitantes previsto para a edificação = $(1,45 \times 10^{17}) / 4 = 3,63 \times 10^{16}$ sej/hab.

Projeto R1-B (NBR 12721) = energia total da construção da casa / nº habitantes previsto para a edificação = $(1,85 \times 10^{17}) / 4 = 4,63 \times 10^{16}$ sej/hab.

Projeto R8-B (NBR 12721) = energia total da construção da casa / nº habitantes previsto para a edificação = $(8,98 \times 10^{18}) / (4 \times 32) = 7,02 \times 10^{16}$ sej/hab.

Projeto R1-N (NBR 12721) = energia total da construção da casa / nº habitantes previsto para a edificação = $(3,84 \times 10^{17}) / 6 = 6,40 \times 10^{16}$ sej/hab.

Projeto R8-N (NBR 12721) = energia total da construção da casa / nº habitantes previsto para a edificação = $(1,92 \times 10^{19}) / (6 \times 32) = 1,00 \times 10^{17}$ sej/hab.

Considerando que numa casa de padrão baixo vivem 4 pessoas e que numa casa de padrão médio vivem 6 pessoas.

Anexo D. – Imagens da casa estudada e de alguns materiais utilizados.

Anexo D.1. – Imagens da Casa Estudada

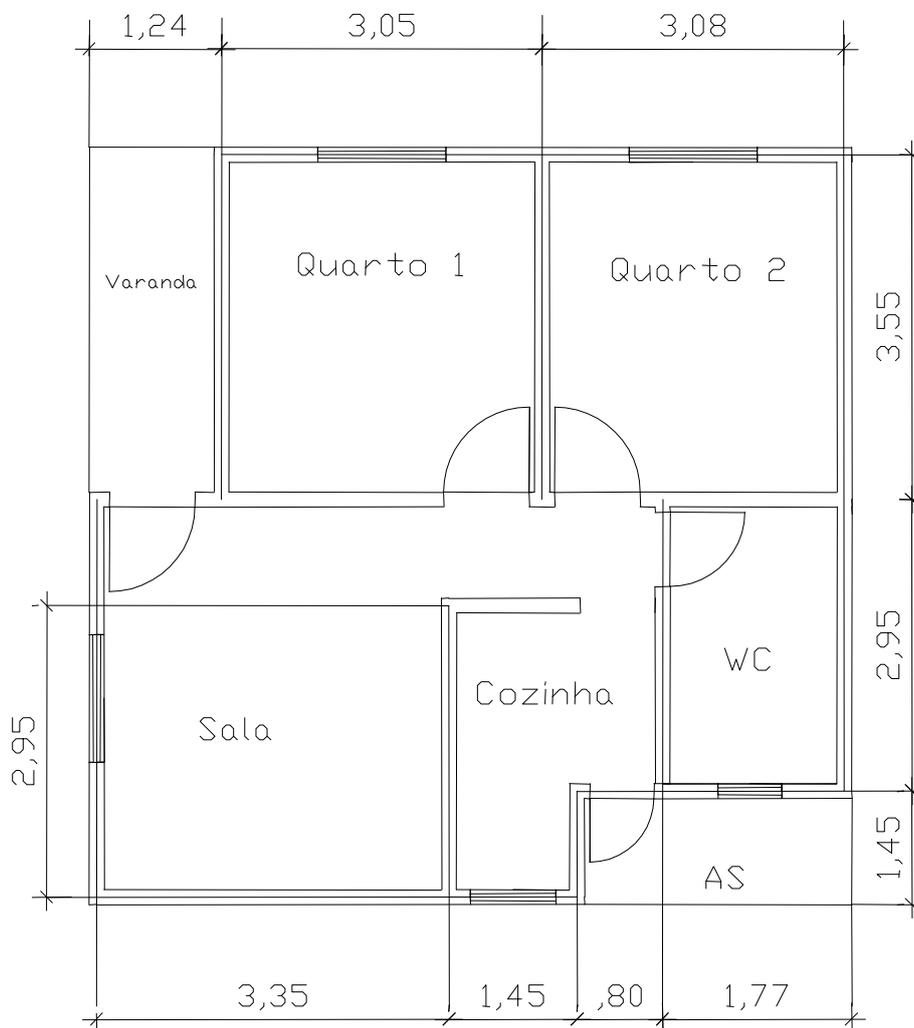


Figura D.1.1. – Planta da casa estudada. Medidas em m. Planta sem escala.



Figura D.1.2. – Perspectiva da casa padrão.

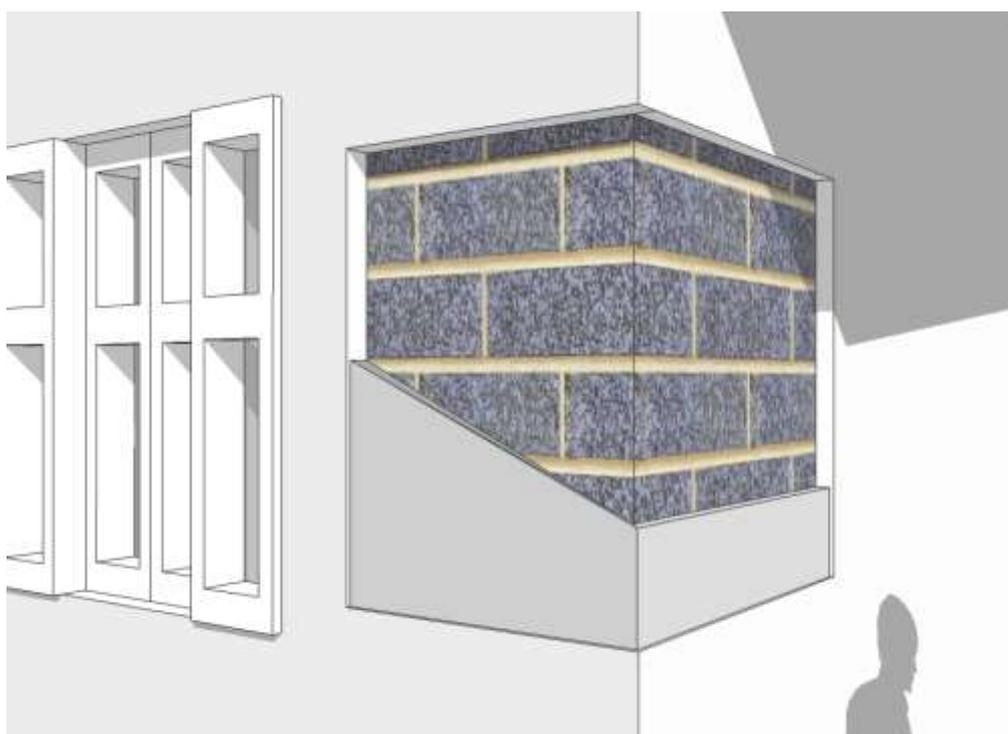


Figura D.1.3. – Perspectiva de um bloco de concreto recebendo revestimento.

Anexo D.2. – Imagens de alguns materiais utilizados.



Figura D.2.1. – Imagem de um tijolo baiano.



Figura D.2.2. – Imagem de uma casa feita com parede de bloco de gesso.

Anexo E. – Dados para elaboração das figuras.

A tabela E.1. apresenta os dados que resultaram nos gráficos das figuras 10 e 12.

Tabela E.1. – Porcentagem em emergia para etapa de obra das casas padrão, substituição 1, substituição 2 e substituição 3.

	Emergia Casa Padrão (sej)	Porcentagem em emergia para casa padrão (sej/sej)	Emergia Casa Substituição 1 (sej)	Porcentagem em emergia para casa substituição 1 (sej/sej)	Emergia Casa Substituição 2 (sej)	Porcentagem em emergia para casa substituição 2 (sej/sej)	Emergia Casa Substituição 3 (sej)	Porcentagem em emergia para casa substituição 3 (sej/sej)
Etapa 1	1,98E+16	9,77%	1,98E+16	11,27%	1,98E+16	10,22%	1,98E+16	13,50%
Etapa 2	2,79E+16	13,78%	2,79E+16	15,89%	2,79E+16	14,41%	5,92E+15	4,04%
Etapa 3	4,74E+16	23,40%	4,74E+16	26,98%	4,74E+16	24,47%	4,74E+16	32,33%
Etapa 4	5,01E+16	24,72%	2,32E+16	13,18%	4,12E+16	21,27%	3,89E+16	26,53%
Etapa 5	6,77E+15	3,34%	6,77E+15	3,85%	6,77E+15	3,49%	6,77E+15	4,62%
Etapa 6	2,44E+16	12,05%	2,44E+16	13,90%	2,44E+16	12,61%	1,42E+15	0,97%
Etapa 7	1,64E+15	0,81%	1,64E+15	0,94%	1,64E+15	0,85%	1,64E+15	1,12%
Etapa 8	1,96E+16	9,70%	1,96E+16	11,18%	1,96E+16	10,14%	1,96E+16	13,40%
Etapa 9	2,32E+15	1,14%	2,32E+15	1,32%	2,32E+15	1,20%	2,44E+15	1,66%
Etapa 10	2,60E+15	1,28%	2,60E+15	1,48%	2,60E+15	1,34%	2,70E+15	1,84%

Os valores em emergia da casa padrão foram retirados da tabela B.1.2. e multiplicados pela emergia por unidade de cada um dos recursos. Após este produto, foram somados todos os valores em emergia para os recursos utilizados por etapa. A porcentagem em emergia é a proporção de cada etapa no total da obra, em emergia.

Os valores em emergia da casa substituição 1 foram retirados da tabela B.2.2. e multiplicados pela emergia por unidade de cada um dos recursos. Após este produto, foram somados todos os valores em emergia para os recursos utilizados por etapa. A porcentagem em emergia é a proporção de cada etapa no total da obra, em emergia.

Os valores em emergia da casa substituição 2 foram retirados da tabela B.3.2. e multiplicados pela emergia por unidade de cada um dos recursos. Após este produto, foram somados todos os valores em emergia para os recursos utilizados por etapa. A porcentagem em emergia é a proporção de cada etapa no total da obra, em emergia.

Os valores em emergia da casa substituição 3 foram retirados da tabela B.4.2. e multiplicados pela emergia por unidade de cada um dos recursos. Após este produto, foram somados todos os valores em emergia para os recursos utilizados por etapa. A porcentagem em emergia é a proporção de cada etapa no total da obra, em emergia.

A tabela E.2. apresenta os dados que resultaram no gráfico da figura 18.

Tabela E.2. – Porcentagem em emergia para etapa de obra das casas padrão e final.

	Emergia Casa Padrão (sej)	Porcentagem em emergia para casa padrão (sej/sej)	Emergia Casa Final (sej)	Porcentagem em emergia para Casa Final (sej/sej)
Etapa 1	1,98E+16	9,77%	1,98E+16	13,64%
Etapa 2	2,79E+16	13,78%	5,92E+15	4,08%
Etapa 3	4,74E+16	23,40%	4,74E+16	32,65%
Etapa 4	5,01E+16	24,72%	3,89E+16	26,80%
Etapa 5	6,77E+15	3,34%	5,77E+15	3,97%
Etapa 6	2,44E+16	12,05%	1,42E+15	0,98%
Etapa 7	1,64E+15	0,81%	1,17E+15	0,80%
Etapa 8	1,96E+16	9,70%	1,96E+16	13,53%
Etapa 9	2,32E+15	1,14%	2,44E+15	1,68%
Etapa 10	2,60E+15	1,28%	2,70E+15	1,86%

Os valores em emergia da casa padrão foram retirados da tabela B.1.2. e multiplicados pela emergia por unidade de cada um dos recursos. Após este produto, foram somados todos os valores em emergia para os recursos utilizados por etapa. A porcentagem em emergia é a proporção de cada etapa no total da obra, em emergia.

Os valores em emergia da casa final foram retirados da tabela B.9.2. e multiplicados pela emergia por unidade de cada um dos recursos. Após este produto, foram somados todos os valores em emergia para os recursos utilizados por etapa. A porcentagem em emergia é a proporção de cada etapa no total da obra, em emergia.